ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 AVRIL 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Encore un nouveau deuil à déplorer! M. **Rabut** s'est éteint, il y a quelques jours, après une vie tout entière consacrée aux progrès de l'art des constructions. Il avait acquis dans la théorie et la technique de cet art une maîtrise superbe, consacrée par un renom universel et par le choix de ses pairs, qui l'avaient proposé au Ministre des Travaux publics pour le prix Rouville. Ce fut un grand ingénieur; partout on recherchait ses conseils; l'État l'avait nommé Inspecteur général des ponts et chaussées et nous fûmes heureux, l'année dernière, de l'accueillir dans notre jeune division des membres industriels.

C'est dans l'application de la mécanique à la construction sous toutes ses formes que s'est affirmée la maîtrise de M. Rabut. Je manque de compétence pour vous retracer une œuvre aussi vaste et aussi imposante; je tiens à vous en signaler tout de même les deux points culminants.

Le premier est relatif aux moyens de reconnaître, par une sorte d'auscultation, le point faible des ouvrages, la cause de leur excès de fatigue et les moyens d'y porter remède. La question était d'autant plus difficile qu'on commençait alors à employer des matériaux métalliques et qu'on ignorait à peu près complètement les efforts intérieurs que subissent ces matériaux en fonction des forces extérieures. Grâce à des appareils simples et précis qu'il imagina pour la circonstance, M. Rabut trouva la solution du pro-

blème et appliqua sa méthode à la réfection des ouvrages anciens. On compte par centaines les ponts de chemins de fer condamnés qu'il sauva de la sorte. C'est ainsi, également, qu'il a pu abaisser de 6 à 3 le coefficient de sécurité des grands ouvrages, réduction qui implique une économie de matériaux considérable.

D'autre part M. Rabut affirmait son talent de constructeur pour l'emploi du béton armé. Il fut un des premiers à comprendre tous les avantages de cette invention française, il s'en fit le défenseur infatigable, inaugura pour elle un cours à l'École des Ponts et Chaussées; et, prêchant d'exemple, il fit construire en béton armé l'audacieux encorbellement qui domine les voies ferrées à la gare Saint-Lazare.

Plus récemment, il se passionna pour la question des barrages qui prend chaque jour une plus grande importance depuis qu'on s'efforce de généraliser le captage de la puissance hydraulique. Nous l'avons entendu exposer ici les moyens les plus propices à renforcer les digues de cette sorte et à prévenir leur dangereuse rupture. Cela remonte à deux mois à peine, et je crois entendre encore la parole de notre Confrère qui décelait la passion du chercheur sous une placidité de surface.

Ce fut la dernière Communication qu'il nous apporta, la dernière fois qu'il parut à nos séances. Nous ne devions plus le revoir. Au cimetière où nous l'avons accompagné, suivant le cortège de sa belle et très nombreuse famille, notre Confrère M. Séjourné a dépeint la noble et féconde carrière de celui qui fut son condisciple et son fervent ami; sa parole était émue, et il a terminé par cet hommage que je fais mien, que nous faisons nôtre, M. Rabut a enrichi le capital de la France!

J'adresse à Madame Rabut et à sa famille les condoléances de l'Académie.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 14 avril au lieu du lundi 13.

BACTÉRIOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur la pathogénie de la colibacillurie. Action d'un sérum thérapeutique anticolibacillaire.* Note de M. H. VINCENT.

J'ai établi précédemment que l'élimination urinaire du *Bacillus coli communis* est précédée par une phase d'infection sanguine latente ou bruyante. Malgré la guérison de cette septicémie et l'immunité générale qui en est le corollaire, le bacille peut se maintenir pendant des mois et des années dans l'urine. J'ai donné l'explication de ce phénomène en montrant que la sensibilisatrice spécifique, très abondante dans le sang, ne passe qu'en faible quantité et pendant une courte période dans l'urine. Ainsi s'explique la persistance parfois prolongée de la colibacillurie (1).

Il est possible d'apporter à ces conclusions une vérification nouvelle.

J'ai préparé un sérum anticolibacillaire par l'inoculation au cheval, dans des conditions spéciales, du *B. coli* d'origine urinaire. Ce sérum a montré expérimentalement des effets préventifs et curatifs qui seront signalés ultérieurement.

Chez un malade âgé de 60 ans et, présentant, à la suite d'une entérite chronique, une pyélonéphrite suppurée à *B. coli* du rein gauche, vérifiée par le cathétérisme et accompagnée de fièvre et d'amaigrissement, on a injecté à quatre reprises 20^{cm^3} de ce nouveau sérum (2).

Sous l'influence de ce traitement, le malade s'est senti considérablement soulagé. La fièvre, les malaises généraux, les douleurs lombaires ont disparu. L'urine s'est éclaircie; mais elle renfermait toujours du *B. coli*. Ce bacille provenait-il encore du rein gauche ou bien, sous l'influence de la sérothérapie, avait-il quitté le rein guéri, pour continuer à se cultiver dans la vessie, à l'abri de l'action des anticorps?

C'est cette dernière interprétation qui a été vérifiée. En effet, le lavage de la vessie à l'azotate d'argent, institué par M. le Dr Maisonnet, a fait disparaître entièrement et définitivement le *Bacillus coli* de l'urine.

L'immunisation passive par le sérum anticolibacillaire a donc provoqué des effets thérapeutiques limités au seul appareil rénal. La sensibilisatrice apportée dans les lacis vasculaires des glomérules de Malpighi a exercé

(1) H. VINCENT, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 239 et 407.

(2) Le cathétérisme des uretères, les injections de sérum et les lavages vésicaux ont été pratiqués par M. le Dr Maisonnet.

dans cette zone son action spécifique, protectrice et curative. Mais la persistance du bacille dans la vessie montre que conformément à la loi que j'ai posée, l'anticorps n'était pas parvenu dans cette dernière cavité.

Ainsi se trouve confirmée la conclusion que j'ai fait connaître sur le mécanisme de la persistance de la colibacillurie.

A un autre point de vue, il n'est pas indifférent de noter que l'injection sous-cutanée d'un sérum spécifique peut amener la guérison d'une pyélonéphrite suppurée à colibacilles. C'est la première fois qu'un tel résultat est obtenu.

Peut-être l'introduction directe, dans le bassinet, d'un mélange de sérum anticolibacillaire et de sérum frais (alexique) du malade atteint de pyélonéphrite, aurait-elle un effet complémentaire favorable, associée à la pratique de l'injection sous-cutanée du même sérum spécifique.

OPTIQUE. — *Émission de lumière par des gaz solidifiés à la température de l'hélium liquide et origine du spectre auroral.* Note [1] de MM. **L. Vegard, H. Kamerlingh Onnes** et **W.-H. Keesom**.

Dans la présente Note, nous donnons les résultats que nous avons obtenus au laboratoire à Leyde avec l'assistance de M. T. Berge, et qui forment la suite des recherches présentées par l'un de nous dans des publications précédentes [2] sur la lumière émise par les gaz solidifiés.

Après une série d'expériences faites à la température de l'hydrogène liquide, nous avons depuis quelque temps examiné la luminescence de plusieurs gaz et de mélanges des gaz à la température de l'hélium liquide. Nous exposons aujourd'hui les expériences spéciales sur la lumière émise lorsque l'azote solide et des mélanges d'azote et de néon, à la température *de l'hélium liquide*, sont bombardés par des rayons cathodiques à grande vitesse.

De la lumière d'azote pur à la température de l'hélium liquide, nous avons obtenu plusieurs spectres à grande dispersion, montrant que la bande N_1 a essentiellement la même structure et la même position qu'à la température de l'hydrogène liquide. Nous avons aussi dans ce cas un maximum

(1) Séance du 30 mars 1925.

(2) L. Vegard, *Koninkl. Akad. van Wet. Amsterdam*, 27, 1924, nos 1-2; *Commun. from the Phys. Lab. of Leiden* n° 168 *d*, 1924; *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 941 et 1488; 178, 1923, p. 1153; 179, 1924, p. 35 et 151.

principal (5555) et deux maxima secondaires. Ce résultat s'accorde avec les expériences précédemment faites avec l'hydrogène liquide sous pression réduite ([1]) et montre que la bande N_1 *ne diminue pas en largeur par une réduction de la température*. La bande N_2 est forte, mais elle est maintenant divisée en deux composants (5236, 5222).

Abstraction faite des bandes N_1 et N_2, le trait le plus frappant du spectre est *une série régulière de bandes*. Chaque bande comprend une ligne double et une ombre vers le rouge, et à cet égard elles diffèrent des bandes émises par l'azote gazeux. Avec le spectrographe en verre employé nous avons obtenu 7 bandes sur la plaque, mais elles s'étendent sans doute dans l'ultraviolet. Les longueurs d'onde sont les suivantes :

	1re.	2e.	3e.	4e.	5e.	6e.	7e.
Fort......	5770	5490	5116	4784	4490	4223	3986
Faible....		5502	5127	4795	4499	4231	3994

Sans doute on a ici une forme de développement des mêmes bandes qui ont été déjà observées à la température de l'hydrogène liquide, et qui devenaient spécialement fortes avec des rayons canaux ([2]). Ces bandes, qui, à une température plus haute, sont très larges et diffuses, sont ainsi, *par abaissement de la température, concentrées en deux lignes fines avec une ombre vers le rouge*.

On a trouvé auparavant que dans l'argon contenant des traces d'azote et à la température de l'hydrogène liquide, les bandes sont aussi concentrées en deux lignes ([2]); mais ces lignes ont une autre position. Les deux bandes plus fortes, correspondant à la cinquième et la sixième bande de la table, ont les longueurs d'onde : (4523, 4473) et (4236, 4211).

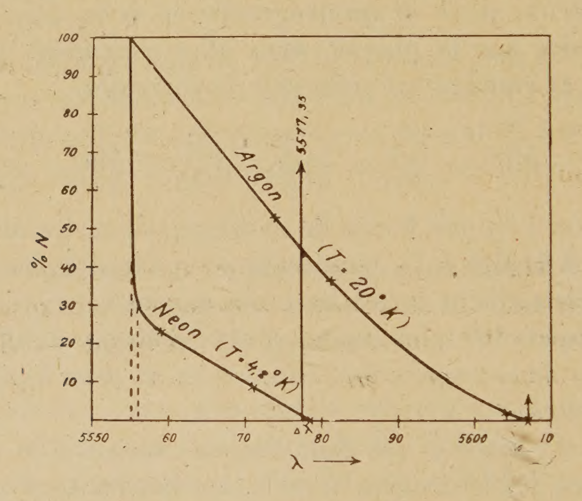
Dans une Note précédente, l'un de nous ([3]) a remarqué que ces deux bandes sans doute correspondent aux bandes observées par Lord Rayleigh dans la lumière diffuse nocturne, mais tant que la détermination des longueurs d'onde des bandes de Lord Rayleigh n'est pas plus exacte, on ne peut pas dire à quelle forme de concentration elles correspondent.

Dans la région des ondes longues, l'azote, à la température de l'hélium liquide, émet aussi trois ou quatre lignes faibles : (5914, 5952, 6399), (6417?), qui probablement correspondent à des lignes faibles dans le spectre auroral.

Les expériences avec le néon solidifié, qui contient des quantités variables

([1]) L. VEGARD, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 35.
([2]) L. VEGARD, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 36.
([3]) *Loc. cit.*

d'azote, ont montré que la bande N_1 change d'une manière semblable à celle qui a été trouvée auparavant par l'un de nous pour des mélanges d'azote et d'argon ([1]). En diminuant la proportion de l'azote, le maximum principal se déplace vers des ondes plus longues, tandis que les maxima secondaires disparaissent finalement. Ces traits sont communs pour des mélanges d'azote-néon et d'azote-argon; mais quant à la grandeur du déplacement et à la loi suivie, les deux mélanges montrent une différence typique et tout à fait intéressante, qui est illustrée par la figure.



Les courbes indiquent pour les deux mélanges la longueur d'onde du maximum principal en fonction de la proportion de l'azote. La variation de la position du maximum principal est causée, en partie par une action spécifique du gaz inactif, en partie par une diminution des particules d'azote.

Pour les mélanges de l'argon à la température de *l'hydrogène* liquide, les deux influences sont du même ordre de grandeur. L'action spécifique de l'argon se manifeste par le fait que même de petites proportions de l'argon, qui ne peuvent pas influer essentiellement la grandeur des particules d'azote, produisent un déplacement considérable du maximum principal.

Pour les mélanges de l'azote-néon, au contraire, l'influence spécifique du gaz inactif est, comme on le voit, très petite. Quand la proportion de néon augmente, la position du maximum principal reste presque constante, jusqu'à une proportion de 70 pour 100 de néon.

([1]) *Loc. cit.*

A cette proportion le maximum commence à se mouvoir rapidement à cause de la diminution des particules d'azote.

Donc, *conformément à l'interprétation du spectre auroral précédemment annoncée par un de nous, on voit que, lorsque la proportion de l'azote va vers zéro, la bande* N_1 *prend la forme d'une ligne ayant une longueur d'onde* 5578,6, *qui à peu près coïncide avec la ligne verte de l'aurore boréale. La petite différence* $\Delta\lambda = 1,2$ Å *s'expliquerait suivant cette interprétation par une petite influence spécifique de néon.*

Dans le néon contenant des traces d'azote, la bande N_2 est divisée en trois composantes (5229-5220-5203), dont la première est la plus forte. Quand la proportion de l'azote augmente, la bande N_2 prend la structure d'une ligne double. En outre les spectres montrent plusieurs lignes caractéristiques du néon.

M. **Dukinfield Henry Scott**, par l'organe de M. H. Lecomte, fait hommage à l'Académie de ses ouvrages : *An Introduction to structural Botany* : I. *Flowering Plants;* II. *Flowerless Plants*, 9e édition. — *Studies in fossil Botany* : I. *Pteridophyta;* II. *Spermophyta*, 3e édition. — *Extinct Plants and Problems of Evolution*.

M. **George Albert Boulenger**, par l'organe de M. L. Mangin, fait hommage à l'Académie de son ouvrage intitulé : *Roses d'Europe*, vol. I.

NOMINATIONS.

M. **A. Lacroix** est chargé de représenter l'Académie au troisième *Pan-Pacific Science Congress* qui se tiendra à Tokyo en 1926.

CORRESPONDANCE.

M. **Roland Thaxter**, élu Correspondant pour la Section de Botanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Observations sur les limites, les faciès et les associations animales de l'étage intercotidal de la Petite Syrte (golfe de Gabès)*, par L.-G. Seurat. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° Albert Chatelet. *Les groupes abéliens finis et les modules de points entiers.*

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les invariants arithmétiques.* Note de M. **P.-J. Myrberg**, présentée par M. Émile Borel.

Soit

$$\varphi_n^{(p)} = \sum z_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n} y_1^{\lambda_1} y_2^{\lambda_2}\ldots y_n^{\lambda_n} \tag{1}$$

une forme homogène générale d'ordre p des n variables $y_1, \ldots, y_n$ à coefficients arbitraires complexes. Soit (φ) la classe des formes arithmétiquement équivalentes à φ, c'est-à-dire de celles qui s'en déduisent par des substitutions linéaires

$$y'_i = \sum_{k=1}^{n} \alpha_{ik} y_k \qquad (i = 1, 2, \ldots, n) \tag{2}$$

avec des coefficients réels entiers dont le module est égal à 1. Nous allons démontrer ici l'existence de fonctions analytiques uniformes qui restent invariables quand on remplace la forme φ par une forme quelconque de la classe (φ). Ces fonctions seront appelées *invariants arithmétiques* de la forme (1).

Nous formons à cet effet la série

$$\sum_{y_1,\ldots,y_n=-\infty}^{+\infty} \left\{ \sum z_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n} y_1^{\lambda_1} y_2^{\lambda_2}\ldots y_n^{\lambda_n} \right\}^{-s}, \tag{3}$$

où les variables $y_1, \ldots, y_n$ prennent indépendamment l'une de l'autre tous les systèmes de valeurs entières qui ne disparaissent pas simultanément. Pour étudier la convergence de cette série, nous regardons dans l'espace des coordonnées (z) l'ensemble des hyperplans représentés par les équations

$$\sum z_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n} y_1^{\lambda_1} y_2^{\lambda_2}\ldots y_n^{\lambda_n} = 0, \tag{4}$$

où les quantités $y_1, \ldots, y_n$ prennent tous les systèmes de quantités réelles différentes de zéro. Ces hyperplans sont des hyperplans osculateurs par la multiplicité algébrique invariante

$$(5) \qquad z_{\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_n} = (\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_n)\, x_1^{\lambda_1} x_2^{\lambda_2} \ldots x_n^{\lambda_n} \qquad (\lambda_1 + \lambda_2 + \ldots + \lambda_n = p),$$

où $(\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_n)$ désigne le coefficient de $x_1^{\lambda_1} x_2^{\lambda_2} x_n^{\lambda_n}$ dans le développement de $(x_1 + x_2 + \ldots + x_n)^p$. Supposons que l'ordre p de la forme (1) soit un nombre pair dès que $n > 2$. Il existe alors dans l'espace (z) des points qui n'appartiennent à aucun des hyperplans (4) et qui constituent un ou plusieurs domaines distincts. Désignons leur ensemble par $B(\varphi)$.

Soit maintenant U un domaine fermé quelconque, dont tous les points sont intérieurs de $B(\varphi)$. On peut supposer sans restriction, qu'un au moins des coefficients de φ, soit $z_{\lambda'_1 \lambda'_2 \ldots \lambda'_n}$, reste dans le domaine U toujours différent de zéro. Posons $z_{\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_n} : z_{\lambda'_1 \lambda'_2 \ldots \lambda'_n} = x_{\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_n}$. On aura alors pour la distance euclidienne du point (x) à l'hyperplan (4) l'expression

$$(6) \qquad \Delta = \left| \Sigma' x_{\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_n} y_1^{\lambda_1} y_2^{\lambda_2} \ldots y_n^{\lambda_n} + y_1^{\lambda'_1} y_2^{\lambda'_2} \ldots y_n^{\lambda'_n} \right| = \sqrt{\Sigma' | y_1^{\lambda_1} y_2^{\lambda_2} \ldots y_n^{\lambda_n} |^2}.$$

En vertu de cette formule on obtient, dans le domaine M, l'inégalité

$$(7) \qquad \left| \Sigma z_{\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_n} y_1^{\lambda_1} y_2^{\lambda_2} \ldots y_n^{\lambda_n} \right|^s \geqq \Delta_0^s \, z_{\lambda'_1 \lambda'_2 \ldots \lambda'_n}^{s} \left\{ \Sigma' | y_1^{\lambda_1} y_2^{\lambda_2} \ldots y_n^{\lambda_n} |^2 \right\}^{\frac{s}{2}},$$

en désignant par Δ_0 la plus courte distance entre le domaine u et les points de la frontière de l'ensemble $B(\varphi)$.

Supposons maintenant que le terme $y_1^{\lambda'_1} y_2^{\lambda'_2} \ldots y_n^{\lambda'_n}$ ne soit pas de la forme y_ν^p, ce qu'on pourra toujours atteindre en remplaçant la forme (1) par une forme arithmétiquement équivalente convenable. On aura alors

$$(8) \qquad \Sigma' | y_1^{\lambda_1} y_2^{\lambda_2} \ldots y_n^{\lambda_n} |^2 \geqq \sum_{k=1}^{n} y_k^{2p}.$$

Mais la série

$$\sum_{y_1, \ldots, y_n = -\infty}^{+\infty} (y_1^{2p} + y_2^{2p} + \ldots + y_n^{2p})^{-\frac{s}{3}}$$

est convergente pour $s > \frac{m}{p}$. Il s'ensuit, à cause de (7) et de (8), que la série (3) doit être uniformément et absolument convergente dans le domaine u pour les mêmes valeurs de s. La série en question définit donc, dans chaque partie connexe de $B(\varphi)$, une fonction analytique $f(z)$.

Soit $l(z')$ la fonction analogue qui correspond à la forme l' arithméti-

quement équivalente à l. On a évidemment $I(z') = I(z)$, car les formes φ et φ' prennent les mêmes systèmes de valeur pour des valeurs entières des variables y et y' qui soient liées entre elles par les relations (2). Les fonctions $I(z)$ sont donc des invariants arithmétiques de la forme (1). Elles sont régulières partout dans l'ensemble $B(\varphi)$. Cet ensemble comprend entre autres tous les points qui correspondent aux formes (1) réelles définies. Les points de la frontière de $B(\varphi)$ sont au contraire des singularités essentielles pour les fonctions $I(z)$. Parmi ces points se trouvent ceux dont la forme correspondante (1) est réelle et indéfinie.

Examinons quelques cas particuliers.

Pour les formes binaires ($n = 2$) les équations (5) définissent une courbe rationnelle. Les hyperplans réels osculateurs (4) de cette courbe constituent une multiplicité algébrique à $2p - 1$ dimensions, divisant l'espace total en $p + 1$ domaines distincts.

Chaque série (3) représente donc, pour $s > \frac{2}{p}$, simultanément $p + 1$ fonctions analytiques, ayant le domaine correspondant comme domaine d'existence. Les séries en question se réduisent pour $n = 2$ à la célèbre série de Dirichlet

$$\sum_{y_1, y_2 = -\infty}^{+\infty} (z_0 y_1^2 + z_1 y_1 z_2 + z_2 y_2^2)^{-s},$$

qui joue un rôle important dans diverses questions d'arithmétique.

Regardons ensuite le cas $p = 2$ ($n > 2$) des formes quadratiques. Les équations (5) définissent alors une multiplicité algébrique d'ordre 2^{n-1}, qui pour $n = 3$ se réduit à la surface connue de Véronèse. Les hyperplans réels (4) limitent dans ce cas un domaine d'un seul tenant et chaque série (3) représente donc pour $s > \frac{n}{2}$ une seule fonction analytique.

GÉOMÉTRIE. — *Sur deux déformations complémentaires de l'espace à connexion affine général* (1). Note de M. **H. Eyraud**, présentée par M. J. Hadamard.

Nous nous proposons de définir deux déformations qui généralisent les déformations projective et conforme; nous les appelons respectivement

(1) Cartan, *Sur les variétés à connexion affine et la théorie de la relativité généralisée* (*Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 3e série, 40, 1923, p. 325).

axiale et axonométrique et nous voulons démontrer le théorème suivant :

Toute déformation de l'espace résulte d'une déformation axiale suivie d'une déformation axonométrique de même orientation.

a. Les géodésiques d'un espace à connexion affine sont déterminées par les équations

$$(1) \qquad \frac{d^2 x^i}{dt^2} + \Gamma^i_{pr} \frac{dx^p}{dt} \frac{dx^r}{dt} = \lambda \frac{dx^i}{dt};$$

elles sont indépendantes de la torsion [1]; elles restent encore inchangées si l'on donne aux composantes Γ^i_{pr} de la connexion affine une variation de la forme

$$(2) \qquad \delta\Gamma^i_{pr} = \varepsilon^i_p \varphi_r + \varepsilon^i_r \varphi_p \qquad (\varepsilon^i_p = 0 \text{ si } p \neq i, \ \varepsilon^i_p = 1 \text{ si } p = i).$$

Par une déformation non projective, la géodésique qui passe en un point P avec une direction déterminée ξ^i se trouve déformée; si la géodésique déformée est osculatrice en P à la géodésique initiale, nous dirons que la direction ξ^i est direction d'osculation relativement à la déformation. Choisissons le paramètre t de l'équation (1) de manière que la fonction λ de t disparaisse du second membre; nous pourrons ensuite, tout en conservant le paramètre ainsi déterminé, faire en sorte que les seconds membres des équations (1) relatives à la géodésique déformée se réduisent à zéro, en annexant à la déformation considérée une déformation projective convenable de la forme (2). La condition pour que ξ^i soit direction d'osculation est

$$(3) \qquad (\delta\Gamma^i_{pr})\xi^p \xi^r = 0.$$

Les n zones du second degré qui figurent dans ces équations (3) n'ont pas en général de direction commune. Mais on peut toujours choisir la déformation de manière qu'il y ait, en chaque point, q directions d'osculation données. A partir de $q = \frac{1}{2}n(n+1)$ toutes les directions deviennent directions d'osculation et l'on retombe sur la transformation projective.

Nous dirons que l'espace est soumis à une déformation axiale relativement au réseau de courbes coordonnées si les directions coordonnées sont n directions d'osculation. Il faut et il suffit pour cela que les variations $\delta\Gamma^r_{ik}$ vérifient $n(n-1)$ conditions :

$$(4) \qquad \delta\Gamma^i_{pp} = 0 \qquad (\text{pour } p \neq i).$$

---

[1] CARTAN, *loc. cit.*, p. 368.

On peut remarquer que si une courbe du réseau est géodésique, elle est indéformée.

b. Nous dirons qu'un espace est axonométrique si l'on peut y définir un champ de quadriques g_{ik} jouissant de la propriété suivante : si l'on transporte parallèlement suivant P′P la quadrique du champ placé en P′ infiniment voisin du point P, et qu'on recommence cette opération pour tous les points P′, on obtient en P une famille de quadriques coaxiales; le point P est un point arbitraire de l'espace. Si les quadriques coaxiales sont de plus homothétiques, on est dans un espace de Weyl; si elles sont égales, on est dans un espace de Riemann (ou s'il y a torsion, dans des espaces isométriques des espaces de Weyl et de Riemann).

Caractérisons l'espace axonométrique dont les directions d'axes sont les directions coordonnées. Posons d'une façon générale

$$(5) \qquad \frac{\partial g_{ik}}{\partial x^r} - g_{ip}\Gamma^p_{kr} - g_{pk}\Gamma^p_{ir} = -S_{r,ik}.$$

le tenseur $S_{r,ik}$ définit la métrique au sens d'Eddington, c'est-à-dire le transport parallèle infinitésimal des quadriques du champ g_{ik}.

Dans le cas actuel on a les conditions suivantes, nécessaires et suffisantes :

$$(6) \qquad g_{ik} = 0, \qquad (7)\ S_{r,ik} = 0, \qquad (\text{pour } i \neq k),$$
$$g_{ii} \neq 0, \qquad S_{r,ii} \text{ quelconque.}$$

Nous appellerons déformation axonométrique relativement au réseau donné et au champ de quadriques g_{ik}, toute variation de la connexion affine qui modifie seulement les n^2 composantes $S_{r,ii}$ du tenseur $S_{r,ik}$, les autres composantes restant inchangées.

Soient maintenant $s_{r,ik}$ et γ^r_{ik} les variations de $S_{r,ik}$ et Γ^r_{ik}; $s_{r,ik}$ est symétrique dans les indices i, k, et l'on peut supposer qu'il en est demême de γ^r_{ik}, quitte à annexer à cette déformation une déformation isométrique convenable. On a en vertu de (5) les relations équivalentes :

$$(7\ bis) \qquad \gamma_{kr,i} + \gamma_{ir,k} = s_{r,ik},$$

$$(8) \qquad \gamma_{ik,r} = \frac{1}{2}(s_{i,kr} + s_{k,ir} - s_{r,ik}),$$

les conditions (4) relativement à la déformation axiale peuvent s'écrire, d'après (8) et (6),

$$(9) \qquad s_{p,pr} - \frac{1}{2}s_{r,pp} = 0 \qquad \text{pour} \qquad p \neq r,$$

il est alors clair qu'une déformation quelconque peut s'obtenir en effectuant successivement une déformation axiale et une déformation axonométrique. Il y a un arbitraire; une variation des $S_{i,ii}$ seuls constitue une déformation qui est à la fois axiale et axonométrique, on peut donc annexer une telle déformation à la déformation axiale et annexer la déformation opposée à la déformation axonométrique.

Remarque. — Les déformations axiales et axonométriques à la fois forment un sous-groupe des deux groupes de déformations précédemment définies, relativement à un réseau et à un champ de quadriques. Si l'on applique une telle déformation à un espace sans torsion admettant les directions coordonnées pour directions stables, elle conserve à l'espace ce caractère géométrique, et si on la choisit convenablement, elle permet de transformer cet espace en un espace euclidien.

ANALYSE MATHÉMATIQUE — *Sur l'intégration des équations différentielles avec des conditions initiales générales comprenant celles de Cauchy.* Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. L. Lecornu.

1. *Position du problème. Principe de la méthode.* — Les célèbres travaux de M. E. Picard ([1]) sur les équations du second ordre, dont les inconnues prennent des valeurs données en deux points, conduisent naturellement à poser ce problème général (dont celui de Cauchy est un cas très particulier): *Étant donné un système quelconque* (E) *de m équations différentielles ramenées au premier ordre, en chercher des solutions* $y_i(x)$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$ *dont les valeurs* y_i^ν *en p points* x_ν $(\nu = 1, \ldots, p)$ *satisfassent à m équations de conditions arbitraires*, qu'on peut toujours écrire $f_i = C_i$ (les C_i étant m constantes).

Considérons donc le système normal (E) ci-après, où λ est un paramètre, et les conditions très larges (f) dans lesquelles chaque f_i ne contient que les valeurs prises par $y_1, \ldots, y_m$ (ou par certaines de ces fonctions) en *un seul* des points x_ν; ce point relatif à f_i peut d'ailleurs toujours être désigné par x_i, étant entendu (puisque ici forcément $p \leqq m$) que, si $p < m$, certains de ces points x_i ne sont pas distincts

$$(E) \qquad \frac{dy_i}{dx} + \lambda K_i(x\, y_1\, y_2 \ldots\, y_m) = 0,$$

$$(f) \qquad f_i(y_1^i\, y_2^i \ldots y_m^i) C_i \qquad (i = 1, \ldots, m).$$

([1]) *Traité d'Analyse*, 3, 1894, p. 94, et *Journal de Mathématiques*, 4e série, 6, 1890, p. 145; 9, 1893, p. 273.

Supposons que les fonctions données $K_i(x, y_1, \ldots, y_m)$ et $f_i(y_1, \ldots, y_m)$ soient holomorphes et aient M pour maximum de leurs modules lorsque les variables $x, y_1, \ldots, y_m$ ne sortent pas des domaines $D, D_1, \ldots, D_m$. Soit alors $\varphi_i(x, y_1, \ldots, y_m)$ une solution particulière de l'équation aux dérivées partielles (φ) équivalente au système (E), φ_i se réduisant à $f_i(y_1, \ldots, y_m)$ pour $x = x_i$. Si dans une région θ de D comprenant les points x_i, les m équations $\varphi_i = C_i$ définissent m fonctions implicites $y_i(x)$, celles-ci seront bien des solutions de (E) vérifiant les conditions (f).

2. *Détermination de* φ_i. — Prenons pour abréger, $m = 2$. Conformément à une remarque antérieure [1], on obtiendra φ_i en effectuant une intégration de x_i à x sur les deux membres de l'équation (φ). D'où en faisant successivement $i = 1$ et $i = 2$, les équations intégro-différentielles

$$\varphi_i(xy_1y_2) - f_i(y_1y_2) = \lambda \int_{x_i}^{x} \sum_{\mu=1}^{\mu=2} K_\mu(ty_1y_2) \frac{\partial \varphi_i(ty_1y_2)}{\partial y_\mu} dt \qquad (i = 1, 2).$$

Par conséquent, d'après ce que nous avons vu [2], la solution φ_i de l'une ou l'autre de ces équations peut être représentée par un développement « synthétique » de la forme $f_i(y_1 y_2) + \lambda S_i(xy_1y_2x_i\lambda)$, où S_i est une série entière en λ, nulle ainsi que $\frac{\partial S_i}{\partial y_\mu}$ pour $x = x_i$ et uniformément convergente lorsque, y_i restant dans un domaine $D_i(\delta)$ (intérieur à D_i) dont aucun point y_i n'approche de la frontière de D_i à une distance $d_i(y_i)$ plus petite qu'une constante arbitraire δ, x demeure dans D et à une distance de x_i inférieure à $\frac{\delta}{M}$; soit Δ le domaine défini pour x par cette condition; φ_i est alors une fonction holomorphe des variables x et y_i et visiblement aussi des paramètres x_i et λ. Nous supposerons les points x_i dans Δ, autrement dit tels qu'on ait

$$|x_i - x_j| < \frac{\delta}{M} \qquad (i \neq j),$$

δ admettant d'ailleurs un maximum imposé par la forme des domaines D_i. Cela posé, les solutions $y_i(x)$ sont définies comme fonctions implicites par les m équations $F_i = 0$, en appelant $F_i(xy_1y_2\lambda x_i)$ l'expression

$$\varphi_i - C_i \quad \text{ou} \quad f_i(y_1y_2) + \lambda S_i(xy_1y_2x_i\lambda) - C_i.$$

---

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 727.

(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 571.

3. *Conditions d'existence.* — Si l'on sait qu'il y a dans Δ un point x_0 où, pour une valeur λ_0 du paramètre λ, les équations $F_i = 0$ ont un système de solutions y_1^0, y_2^0 avec un jacobien J_0 ou $\left\| \frac{\partial F_i}{\partial y_\nu^0} \right\|_{1 \leq \nu \leq m}^{1 \leq i \leq m}$ non nul, cela suffit (en vertu du théorème classique d'existence des fonctions implicites) pour être assuré qu'il existe dans Δ (autour de x_0) un certain domaine θ dans lequel les équations $F_i = 0$ définissent effectivement un système de fonctions holomorphes $y_i(x)$, et un seul, si λ a une valeur suffisamment voisine de λ_0. Nous allons indiquer des cas très étendus, où ces conditions suffisantes sont vérifiées.

4. Premier théorème d'existence. — *Supposons que les équations $f_i = C$ aient un système de racines communes Y_1^0 et que le jacobien correspondant de ces fonctions f_i soit $\neq 0$ (double hypothèse A).*

Dans cette double hypothèse, si les points x_i sont suffisamment rapprochés les uns des autres, le système différentiel (E) *possède un système (et un seul) de solutions $y_i(x)$ satisfaisant aux conditions (f) et holomorphes dans un certain domaine θ (comprenant les x_i).*

En effet, δ étant choisi assez petit pour que chaque point Y_i^0 appartienne à $D_i(\delta)$[d'où $\delta < d_i(Y_i^0)$], soit x_0 un point quelconque du domaine Δ correspondant. Remplaçons momentanément dans les équations $F_i = 0$ les paramètres x_i par des variables indépendantes ξ_i. Si celles-ci prennent toutes, ainsi que x, la valeur x_0, les équations $F_i = 0$ se réduisent (quel que soit d'ailleurs x_0) à $f_i - C_i = 0$. Donc elles définissent d'une manière unique [par suite de la double hypothèse (A) et en vertu du théorème sur les fonction implicites] m fonctions holomorphes y_i quand x et les ξ_i restent autour de x_0 dans un domaine certain $\theta(x_0, \delta)$ qu'on sait déterminer. On s'efforcera de choisir x_0 et δ de façon que les points x_i soient dans ce domaine $\theta(x_0, \delta)$, *ce qui sera toujours possible si les points x_i sont suffisamment voisins.* Dans ce cas $\theta(x_0, \delta)$ sera bien le domaine θ cherché. C. Q. F. D.

Nota. — On pourrait aussi démontrer cette proposition en partant du théorème classique de Cauchy et des développements tayloriens des $y_i(x)$.

5. Second théorème d'existence. — Dans la double hypothèse (A), on aura de même un théorème analogue, si l'on suppose non plus les points x_i voisins les uns des autres, mais λ suffisamment petit, x étant en un point quelconque à l'intérieur de Δ. Cela résulte immédiatement de ce que, pour $\lambda = 0$, les équations $F_i = 0$ se réduisent encore à $f_i - C_i = 0$.

L'existence étant démontrée, on peut dans des cas étendus exprimer explicitement les solutions demandées $y_1(x)$, $y_2(x)$, et plus généralement une

fonction (holomorphe) quelconque de ces solutions, au moyen d'une intégrale double, ou même encore au moyen de la formule de Lagrange-Laplace, si $f_i \equiv y_i$.

ASTRONOMIE. — *Observations des comètes Schain* (1925 *a*) *et Reid* (1925 *b*) *faites à l'Observatoire de Marseille* (*Équatorial d'Eichens*, 0m,26 *d'ouverture*). Note de M[lle] **O. Jasse**, présentée par M. Bigourdan.

Dates 1925.	T. C. de Marseille.	ΔÆ.	ΔD.	Æ apparente.	Log. f.p.	D. app.	Log. f.p.	★.
	h m s	m s	′ ″	h m s		° ′ ″		
a. Mars... 29	22.17.43	+1.26,38	+5.22,8	11.37.5,24	8,986$_n$	+ 2.12.47,5	0,760	1
b. » ... 29	0.13.28	+1.50,15	+0.54,7	13.26.3,68	8,989$_n$	—21.19.45,4	0,896	2
b. » ... 30	23.37.59	+1.24,39	+4.10,1	13.24.4,60	9,169$_n$	—21.50.26,6	0,894	3

Étoiles de comparaison.

★.	Gr.	Æ 1925,0.	Réduction au jour.	D 1925,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1...	9,5	11.35.37,75	+1,11	+ 2. 7.32,6	—7,9	Alb. 4324
2...	8,7	13.24.12,17	+1,36	—21.20.36,6	—3,5	CiZ. 2356
3...	8	13.22.38,82	+1,39	—21.54.32,9	—3,8	CiZ. 2352

Remarques. — *a*. La comète Schain est une nébulosité de 2′ d'étendue, présentant une condensation de grandeur 11,5.

b. La comète Reid, de grandeur 9,5, présente une forte condensation entourée d'une nébulosité de 3′ d'étendue.

ASTRONOMIE. — *Observations des comètes Schain* (1925, *a*) *et Reid* (1925, *b*), *faites à l'Observatoire de Besançon, avec l'équatorial coudé.* Note de M. **P. Chofardet**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1925.	Temps moyen de Besançon.	ΔÆ.	ΔP.	Nombre de compar.	Asc. droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.	★.
				Comète Schain (1925, *a*).					
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mars 30...	23.45.56	+0.52,63	+ 2.42,1	9: 6	11.35.12,41	8,863	87.42.17,6	0,794$_n$	1
» 31...	23.46.14	—0.54,02	— 1.58,9	9: 6	11.33.25,76	8,921	87.37.36,6	0,793$_n$	1
Avril 2..	2.28.47	—2. 2,41	— 6.27,8	9:12	11.31.27,90	9,513	87.32.31,0	0,800$_n$	2
				Comète Reid (1925, *b*).					
Mars 31...	0.45.10	+1.21,52	— 3.27,0	9: 6	13.24. 1,73	8,119$_n$	111.51. 9,7	0,916$_n$	3
Avril 1..	0.19.40	—1.10,28	+ 5.43,4	9: 6	13.22.59,23	8,720$_n$	112. 6.27,2	0,915$_n$	4
» 2...	2. 2.27	+0.10,55	+ 4.57,7	9: 6	13.21.49,18	9,172	112.23.15,5	0,910$_n$	5

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	Æ 1925,0.	Réduction au jour.	P. 1925,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1	9,1	11.34.18,67	+ 1,11	87.39.27,6	+ 7,9	A.G. Albany, 4320.
2	8,9	11.33.29,21	+ 1,10	87.38.50,9	+ 7,9	A.G. Albany, 4315.
3	8	13.22.38,82	+ 1,39	111.54.32,9	+ 3,8	Cincinnati, 2352.
4	7,2	13.24. 8,11	+ 1,40	112. 0.39,9	+ 3,9	Cincinnati, 2355.
5	9,4	13.21.37,21	+ 1,42	112.18.13,7	+ 4,1	Cordoba A, 9901.

Remarques. — Dans la nuit du 30 au 31 mars, le ciel est remarquablement beau; il l'est moins au cours des deux nuits qui suivent.

Comète Schain (1925 *a*). — Le 30 mars, la comète, estimée de 11e grandeur, se présente comme une nébulosité ronde, de 40″ de diamètre, avec condensation à peu près centrale. Absence de queue.

Comète Reid (1925 *b*). — Le 31 mars, cette comète est belle; elle nous apparaît de 8e grandeur, avec un noyau rond, large d'environ 8″, émergent nettement au centre d'une chevelure légère, s'estompant sur 3′ de diamètre; par moments, une queue, très vague, semble se dessiner vers le Nord-Ouest.

ASTRONOMIE COSMOGONIQUE. — *Trajectoire du protosoleil dans la nébuleuse primitive et origine des comètes.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

La trajectoire du protosoleil dans la nébuleuse primitive (hypothèse de la Cosmogonie dualiste), assez semblable à celle des bolides dans l'atmosphère, pose un problème beaucoup plus compliqué que celui qu'on étudie dans les traités de balistique [1].

Soit S (*fig.* 1) le protosoleil de masse m pénétrant en O dans la nébuleuse N avec une vitesse W de l'ordre de 1000 à 2000^{km} dans la direction OA; V, vitesse de la nébuleuse de l'ordre de 50^{km} dans la direction AA′. Prenons pour plan de la figure celui des vitesses W, V. La construction des vitesses relatives V_r de la nébuleuse rencontrant S montre que le choc nébuleux n'a pas lieu en général dans la direction V_t des tangentes à la trajectoire T. Celle-ci tangente au départ à OA sera convexe vers OA avec une asymptote AA′ parallèle à V à distance finie comme dans la trajectoire des bolides. Si α et β (*fig.* 2) sont les angles de V_t avec V_r et S_1x, on aura,

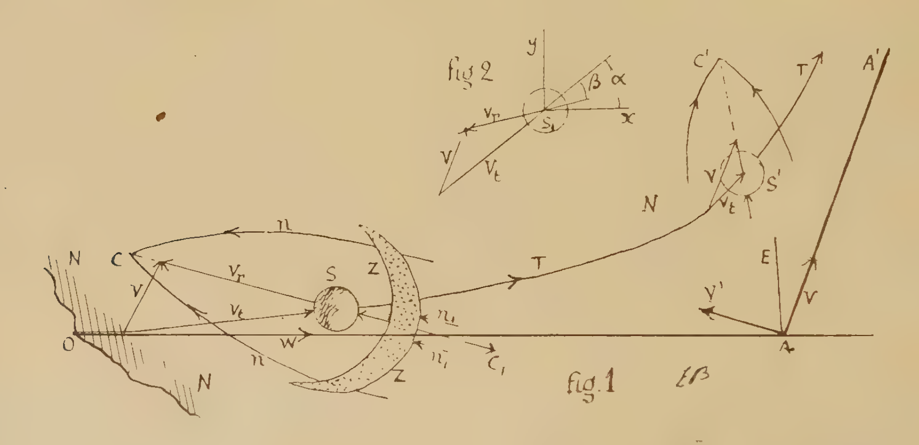
(1) *Traité de Balistique extérieure* du Commandant Charbonnier, p. 180-185.

en admettant une résistance proportionnelle au carré de V_r :

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -cV_r^2\cos(\alpha-\beta), \qquad m\frac{d^2y}{dt^2} = -cV_r^2\sin(\alpha-\beta),$$

V_r est d'ailleurs fonction de V_t, V et β.

Le coefficient balistiqus c est proportionnel à l'indice de forme i du projectile cosmique qui, étant très aplati, varie tout le long de la trajectoire : à



la densité Δ de la nébuleuse qui doit augmenter avec la distance à son bord O ; à la masse par unité de section du protosoleil.

Or la masse m de S captera tout le long de sa trajectoire des masses nébuleuses et augmentera constamment à partir de sa masse m_1 en O.

J'ai pu évaluer par la loi des rotations à $\frac{1}{11}$ l'augmentation de masse du protosoleil dans son parcours à travers la nébuleuse.

En dehors des indications données plus haut sur la forme générale de la trajectoire, la solution analytique du problème posé semble donc inabordable en raison des multiples variables qu'il comporte.

Mais des conséquences intéressantes peuvent être tirées de ce qui précède. J'ai montré (*Essai de cosmogonie*, p. 197, et *Origine dualiste des Mondes*, p. 113) comment en arrière de la trajectoire d'un projectile cosmique, les masses nébuleuses n se concentrent par des trajectoires concourantes déterminant des points coniques tels que C situés sur la direction V_r de la vitesse relative de la nébuleuse par rapport à S. En général, malgré le choc en C les masses n conserveraient une vitesse hyperbolique par rapport à S en raison de la grande vitesse W.

Mais le protosoleil, comme dans le choc d'une Nova, émet une puissante

radiation qui va repousser en avant de sa trajectoire une zone Z de molécules légères. Seules les molécules assez grosses et assez denses pourront traverser cette zone Z dont la résistance de milieu diminuera leur vitesse. Après concentration en C les masses n pourront donc n'avoir que des vitesses au plus paraboliques par rapport à S sur des orbites très allongées dans la direction SC.

Mais ce n'est pas tout, le choc sur la nébuleuse donne au protosoleil une pulsation qui rend périodiques le renflement de son équateur et l'émission de sa radiation, ainsi qu'on le constate au début des Novæ. Cette périodicité aura sa répercussion dans l'énergie centrifuge des molécules Z et par suite dans la densité des masses C. Ainsi il y aura le long de SC des nœuds de condensation qui formeront des noyaux cométaires appartenant à la même famille de comètes. Or la direction SC de V_r en raison de la courbure de la trajectoire et de la diminution de V_t varie tout le long de la trajectoire T (ainsi de SC en S′C′) en sorte que les orbites des masses C auront des axes dirigés en tous sens autour de S. La vitesse W faisant avec le plan de l'écliptique un angle de 62°, les inclinaisons des orbites C pourront être considérables.

Ainsi les masses considérées en C auront toutes les caractéristiques des comètes : grand nombre de noyaux assez denses, de peu de masse, ayant condensé des gaz ou matières légères en traversant la zone Z, et dont les orbites très allongées auront de fortes inclinaisons sur l'écliptique.

La zone Z doit avoir une section en forme de croissant : car c'est en avant de V_r que le choc nébuleux et la force répulsive sont maxima tandis qu'ils décroissent dans la direction perpendiculaire à V_r. Les masses n_1 arrivant dans la direction de V_r recevront donc la plus forte impulsion centrifuge capable de rendre nulle ou très faible la vitesse relative par rapport à S de certaines masses légères qui pourront ainsi former des noyaux cométaires dans la direction C_1.

Dans le système solaire l'angle de V avec W a été aigu en sorte que le plan des deux vitesses a coupé l'écliptique primitive suivant une ligne AE : il y a donc eu des orbites cométaires avec axes couchés dans l'écliptique, ce qui a facilité les perturbations par les planètes : et l'on sait que les comètes à faible inclinaison d'orbite sont presque en totalité de sens direct avec faible latitude de leur périhélie. Le catalogue d'Holetchek montre que sur 355 comètes il y a jusqu'à 30° de latitude du périhélie 65 comètes directes et aucune rétrograde.

Dans quelques nébuleuses planétaires comme N.G.C. 7009 du Verseau, on

voit les masses nébuleuses en forme de croissant dans une direction normale à l'équateur. Leur formation s'explique aussi par la théorie précédente.

Dans le système solaire, c'est seulement dans la partie de la trajectoire T voisine de OA et jusqu'à une distance de O d'environ 90 u. a. que la vitesse V_r et par suite la pulsation ont été assez fortes pour produire l'émission des nappes planétaires, d'où il résulte que le nombre de planètes a été limité. Au contraire, c'est tout le long de la trajectoire T par points coniques sur chaque axe SC que se sont produits les noyaux cométaires, ce qui explique le grand nombre de comètes évalué par Crommelin à plus de 100000.

MÉCANIQUE. — *Entretien électrique d'oscillations pendulaires sans contact matériel.* Note [1] de MM. **Jean Villey** et **Pierre Vernotte**, présentée par M. G. Kœnigs.

L'entretien des oscillations pendulaires suppose l'intervention de forces rythmées sur les oscillations du pendule lui-même, avec une distribution telle qu'elles produisent un travail positif équivalent à l'énergie consommée par les frottements.

En général ces forces sont des attractions d'électro-aimants que le pendule commande en fermant, en certains points de son parcours, des contacts électriques matériels. MM. Dunoyer et Toulon ont récemment indiqué un dispositif [2] qui permet de commander à distance, sans contact matériel, par influence électrostatique un arc au mercure alimentant un électro-aimant chargé de l'entretien.

Il est possible de supprimer, non seulement tout contact matériel, mais aussi tout dispositif accessoire de déclenchement, et d'obtenir l'entretien par des attractions électrostatiques entre le pendule et ses supports fixes, réglées par la seule configuration géométrique du système.

Les deux conducteurs, solidaires du pendule et du support, entre lesquels s'exercent les attractions électriques, constituent un condensateur déformable. On voit alors immédiatement un procédé pour rythmer de façon très accentuée les efforts sur les oscillations elles-mêmes : il suffit de créer la différence de potentiel efficace V entre les deux armatures par des oscillations électriques, le circuit étant réglé pour que les configurations réalisées

---

[1] Séance du 30 mars 1925.

[2] *Journ. de Phys.*, 5, 1924, p. 298.

par le pendule dans sa course soient dans le voisinage de la résonance optimum avec les excitations d'un circuit primaire utilisé comme source.

Le couple exercé par ces attractions électriques est de la forme kV^2, k étant un coefficient purement géomètrique que l'on sait égal, à un facteur constant près, à $\frac{dC}{d\alpha}$. Cela donne pour expression du travail total

$$\int V^2 \frac{dC}{d\alpha} d\alpha = \int V^2 dC,$$

c'est-à-dire l'aire de la courbe qui représente le carré V^2 de la différence du potentiel efficace entre les deux armatures, en fonction de la capacité C qu'elles constituent. Dans une période complète du pendule, le point figuratif (V^2, C) revient à sa position initiale; l'entretien exige que la courbe fermée qu'il a ainsi décrite entoure une aire non nulle (équivalente au travail des frottements) et soit parcourué dans le sens de circulation pour lequel $\int V^2 dC$ est positif.

Si V^2 est une fonction uniforme de la capacité actuelle C, la courbe fermée visée ci-dessus s'aplatit suivant un arc de courbe parcouru aller et retour : son aire est donc nulle, et aucun entretien n'est possible. L'entretien exige que, pour une même configuration, V^2 soit plus grand lorsque le pendule la traverse dans le sens des capacités croissantes que lorsqu'il la traverse dans le sens opposé.

Ce résultat pourrait être atteint, même sans aucune réaction sensible du circuit secondaire sur la source qui excite le circuit primaire, en mettant à profit la persistance des oscillations électriques dans les circuits à faible amortissement. Si la capacité du pendule dans son balancement est supérieure à la capacité de résonance maximum, les valeurs croissantes de C, réalisées statiquement, donnent des V^2 décroissants. Lorsque le pendule parcourt dynamiquement ces mêmes configurations, dans le sens des C croissants, il pourra lui rester à chaque instant, du fait de l'état d'oscillation antérieur plus intense, une différence de potentiel efficace plus grande que la valeur correspondant à sa configuration actuelle réalisée statiquement. Dans le sens inverse, au contraire, cette valeur *normale* ne sera pas dépassée.

En fait, pour obtenir des effets appréciables dans cette voie, il faudrait utiliser des oscillations à très longue période pour que le pendule subisse des déplacements sensibles pendant la durée de leur amortissement propre. Cela exigerait de réaliser, entre le pendule et ses supports fixes, des capacités considérables.

On peut, par contre, obtenir très facilement des résultats notables, en mettant à profit les réactions du circuit sur la source qui entretient les oscillations électriques. Ces réactions sont très importantes lorsque la

source est une lampe triode, et deviennent particulièrement intenses lorsque le circuit secondaire, couplé très serré avec le circuit primaire, se déforme au voisinage de la résonance. On peut alors facilement réaliser des réglages comportant l'accrochage et le décrochage des oscillations dans le champ de balancement du pendule.

La courbe de V^2 en fonction de C n'est plus alors une simple courbe de résonance; elle définit un phénomène global plus complexe, dû à la superposition de la résonance et de la réaction sur la lampe-source.

Elle présente le caractère suivant (qui semble d'ailleurs tout à fait général quel que soit le paramètre par lequel on provoque le décrochage) : les oscillations se maintiennent, lorsqu'elles sont accordées, jusqu'à une valeur de la capacité qui est retraversée au retour avant que se produise le réaccrochage. On aura donc, dans le diagramme (V^2, C) une aire non nulle comprise entre l'axe OC, les deux perpendiculaires à cet axe qui représentent les capacités différentes d'accrochage et de décrochage, et la courbe des valeurs normales de V^2 en fonction de C. Pour que cette aire soit positive, il suffit que le décrochage se produise du côté des valeurs les plus grandes de la capacité du pendule.

On observe très facilement ce phénomène d'entretien permanent en prenant comme pendule l'équipage de torsion d'un voltmètre électrostatique industriel, dont on supprime le freinage d'apériodicité. On lui ajoute, s'il est besoin, en parallèle, un condensateur auxiliaire réglable, et l'on relie l'une à l'autre les deux armatures par une self constituant le circuit secondaire. On aura soin de ne pas laisser interposée en série la résistance très élevée qui est souvent utilisée, comme dispositif de sécurité, dans ces appareils.

PHYSIQUE DES RADIATIONS. — *Les phénomènes de surface dans les éléments photovoltaïques à liquide fluorescent.* Note de M. A. Grumbach, présentée par M. Cotton.

J'ai déjà signalé dans les éléments photovoltaïques à liquide absorbant ou fluorescent, l'existence d'une force électromotrice distincte de l'effet Becquerel et j'ai montré qu'elle était due à une modification de la surface de l'électrode qui adsorbe les molécules dissoutes transformées par la lumière (1).

(1) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 395.

J'apporte à cette interprétation l'appui d'expériences nouvelles. Si l'on éclaire quelques minutes l'une des électrodes d'un élément platine-solution fluorescente-platine, il apparaît d'abord une force électromotrice de Becquerel, puis une force électromotrice d'adsorption; celle-ci est toujours, au début, de sens contraire à la première en solution aqueuse, elle persiste dans l'obscurité et finit par atteindre une valeur limite qu'elle conserve jusqu'à ce que la diffusion intervienne.

Si le phénomène est dû à une modification de la masse de la solution, la force électromotrice limite, obtenue au moyen d'un éclairement déterminé agissant pendant un temps fixe, doit être indépendante des conditions électriques de l'expérience; par exemple, elle sera la même que les électrodes soient laissées en circuit ouvert ou mises en court circuit pendant que le rayonnement agit sur la solution.

Je donnerai ici les résultats d'un groupe de trois expériences faites avec une solution aqueuse du sel de potassium du sulfofluorène que j'ai employé précédemment ([1]). L'éclairage a duré 3 minutes; dans la première expérience (Tableau I), les électrodes ont été constamment maintenues en circuit ouvert; dans la seconde (Tableau II), laissées en court circuit pendant l'éclairement, elles ont été mises en circuit ouvert exactement à la fin de la troisième minute. Le Tableau III contient les résultats obtenus en laissant les électrodes en circuit fermé pendant les cinq premières minutes. Sur les tableaux, l'origine des temps est, dans tous les cas, le moment de l'ouverture du circuit.

La concentration de la solution est $3,84.10^{-6}$ g : cm³.

TABLEAU I.

Temps.	Force électromotrice (en millivolts).	Temps.	Force électromotrice (en millivolts).
m s		m s	
0.00..........	0	28.30..........	— 9,9
7.00..........	— 2,6	30.00..........	—10,2
8.00..........	— 3,5	32.00..........	—10,6
9.20..........	— 4,9	34.00..........	—10,7
10.00..........	— 5,3	43.30..........	—10,7
13.00..........	— 5,6	47.00..........	—10,7
22.00..........	— 8,3	54.00..........	—10,7
26.30..........	— 9,3	62.00..........	—10,7

([1]) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 623.

Tableau II.

Temps.	Force électromotrice (en millivolts).	Temps.	Force électromotrice (en millivolts).
m s		m s	
0.00	0	45.00	−10,6
4.20	− 3,0	48.00	−10,7
6.00	− 4,7	53.00	−10,6
9.10	− 6,5	59.30	−10,6
14.00	− 8,8	63.00	−10,6
17.30	− 9,3	66.00	−10,7
21.00	− 9,7	75.00	−10,0
31.30	−10,0	79.00	− 9,9

Tableau III.

Temps.	Force électromotrice (en millivolts).	Temps.	Force électromotrice (en millivolts).
m s		m s	
0.00	0	73.30	− 6,8
8.00	−0,5	85.00	− 7,9
14.00	−1,4	98.00	− 8,4
18.00	−1,8	110.30	− 9,0
19.40	−2,1	125.00	− 9,5
30.00	−2,8	139.00	− 9,9
50.20	−5,4	145.30	−10,3
55.00	−5,7	149.30	−10,6
60.00	−6,3	158.30	− 7,5

Dans les deux premières expériences, les valeurs respectives de la force électromotrice limite sont $-10^{mv},7$ et $-10^{mv},6$. On ne voit pas de palier dans la troisième, mais seulement un maximum de la valeur absolue de la force électromotrice, la durée d'établissement ayant été assez grande pour que la diffusion déjà visible sur le Tableau II, eût un rôle prédominant au voisinage de la valeur limite ; on peut cependant déterminer graphiquement l'ordonnée de la tangente horizontale à la courbe donnant la force électromotrice en fonction du temps ; on trouve ainsi $-10^{mv},6$.

Une autre vérification a consisté à former l'image de la lampe à mercure d'abord sur l'électrode elle-même, puis sur la région du liquide située à 2^{mm} au-dessus de celle-ci (durée d'éclairement : 6 minutes en circuit ouvert). La concentration de la solution du même sel organique était ici $3,16.10^{-6}$g : cm^3. On trouve la même force électromotrice limite $-10^{mv},2$ dans les deux cas, bien que les courbes aient des formes très différentes ; l'électrode étant éclairée directement, l'effet positif atteint $3^{mv},2$, tandis que, dans la seconde expérience, il ne dépasse pas $0^{mv},2$.

Ces exemples montrent que la force électromotrice que j'ai mise en évidence a bien son origine dans une transformation de la masse du liquide produite par le rayonnement. La variation consécutive du potentiel de l'électrode est fonction de l'éclairement, de la nature et de la concentration de la solution et elle est indépendante des conditions électriques initiales.

OPTIQUE. — *Sur quelques propriétés optiques des milieux troubles résineux solides*. Note [1] de M. CHARLES CHÉNEVEAU, présentée par M. Paul Janet.

Les résines solides transparentes, dont l'indice de réfraction est 1,5 environ, se laissant pénétrer par des particules d'eau, d'indice de réfraction égal à 1,33, forment des milieux optiquement troubles [2].

La différence mesurée des indices de réfraction de la résine brute et de la résine transformée, s'accorde assez bien, au moins en première approximation, avec la différence calculée dans l'hypothèse où la réflexion de la lumière sur les particules, supposées sphériques, intervient d'une manière prépondérante [3].

Une étude de l'absorption et de la diffusion, faite à l'aide du spectrophotomètre de Féry, sur des lames parallèles assez minces taillées dans deux copals transformés différents, a montré qne ces milieux troubles obéissent à la loi de Lord Rayleigh, généralisée par Boutaric [4],

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\frac{A}{\lambda^n}};$$

I_0, intensité incidente; I, intensité transmise; λ, longueur d'onde. Il y a en effet proportionnalité entre $\log\left(-\log\frac{I}{I_0}\right)$ et le logarithme de la longueur d'onde λ. Le tableau suivant donne les valeurs de n, avec quelques autres renseignements sur les milieux expérimentés :

Échantillons.	Diamètre des globules le plus fréquent.	Nombre de globules par cm³.	Exposant n.	Densité à 18°.	Pression de transformation.
Copal blanc.....	3^{μ}	$1,8.10^8$	$-0,68$	1,01	2^{atm}
Copal jaune.....	7^{μ}	$1,8.10^7$	$-0,53$	1,04	4^{atm}

(1) Séance du 23 mars 1925.

(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 136.

(3) C. CHÉNEVEAU et R. AUDUBERT, *Ann. Phys.*, 9e série, **13**, 1920, p. 134.

(4) *Thèse de doctorat*, Paris, 1918.

L'exposant n étant négatif, ces lames diffusent plus le rouge que le bleu. Comme la dispersion par diffusion intérieure dépend du nombre de particules et de leur diamètre, on peut, suivant la concentration d'un milieu trouble solide en sphérules liquides suffisamment régulières passer, comme dans le cas des suspensions de gomme-gutte ou de mastic dans l'eau, d'une dispersion plus grande du rouge à une dispersion plus grande du bleu. On peut trouver dans ces phénomènes une explication de la teinte verte que prend parfois l'ambre mat naturel.

En résumé, les résines mates, naturelles ou artificielles, qu'on peut considérer, du point de vue de leur constitution physique, comme inverses des suspensions de résines dans l'eau, obéissent aux lois générales de l'optique des milieux troubles à grosses particules. Ainsi que le montre le tableau suivant, les milieux troubles solides résineux se classent, en effet, parmi les milieux troubles où l'exposant de la longueur d'onde, dans la loi de Lord Rayleigh, ne peut atteindre la valeur limite $+4$, parce que les dimensions de leurs particules sont supérieures ou égales aux longueurs d'onde des diverses radiations du spectre visible.

Auteurs	Milieux troubles et conditions d'expérience.	Exposant de λ.
Abney.	Suspensions très fines de mastic	$+4$
Andant.	Opalescence critique de l'éther $\theta > 0°,15$	$+4$
	Opalescence critique de l'éther $\theta = 0°,10$	$+2,8$ à 2
Boutaric.	Précipité de chlorure d'argent au début	$+4$
	Précipité de chlorure d'argent 1 heure après	$+2$
Cabannes.	Molécules de vapeurs et gaz divers, de liquides purs sans poussières	$+4$
Chéneveau.	Sphérules d'eau dans les résines de 3 et 7^{μ} copal blanc	$-0,7$
	Sphérules d'eau dans les résines de 3 et 7^{μ} » jaune	$-0,5$
Chéneveau et Audubert.	Suspensions dans l'eau de mastic et de gomme-gutte (ultramicroscopiques et de 1 à 12^{μ})	$+4$ à -1
Compan.	Eau troublée par chlorure d'argent (au début)	$+4$
»	» » » encre de Chine	$+2$
»	Sulfate de baryum dans eau et glycérine	$+2$
»	Oxalate de chaux	$+2$
»	Alcool anisé salé et teinture de savon	$+3$
Crova.	Atmosphère (minimum)	$+4$
Ehrenhaft.	Solutions colloïdales métalliques	$+4$
Herxheimer.	Brouillards de chlorhydrate d'ammoniaque (au début)	$+4$
Hurion.	Précipité de chlorure d'argent (au début)	$+4$
Lampa.	» » » »	$+4$
Lord Rayleigh.	Molécules de vapeurs et gaz divers	$+4$
Mecklemburg.	Suspensions colloïdales de soufre (5 à $100^{m\mu}$)	$+4$
»	» » » (250 à $850^{m\mu}$)	$+2$
Pertner.	Solutions colloïdales métalliques (ultramicroscopiq.)	$+4$
Vlès.	Bactéries (bouillons de culture, ordre de 1^{μ})	$+3$ à $+2$

SPECTROSCOPIE. — *Étude spectrographique de la série K des éléments lourds.* Note de M. G. **Réchou**, présentée par M. de Broglie.

Les longueurs d'ondes des raies de la série K des éléments lourds n'avaient pu jusqu'ici être mesurées, sauf pour le tungstène et le platine, faute d'un tube muni d'anticathodes interchangeables susceptible de supporter des tensions voisines de 200 kilovolts. Il est nécessaire, en effet, pour exciter les raies caractéristiques du dernier élément de la table de Mendeleef : l'uranium, d'atteindre le potentiel d'excitation de 118 kilovolts et de le dépasser notablement si l'on veut obtenir une impression photographique suffisante. Pour déterminer les longueurs d'ondes des raies de la série K des éléments lourds, nous nous sommes servi du tube de M. A. Dauvillier, un tube de ce genre permettant d'atteindre facilement une tension constante de 170 kilovolts. Nous avons utilisé la méthode photographique avec cristal tournant de M. de Broglie. La plaque photographique était placée à 1546^{mm} de la fente et le cristal à mi-distance. Nous avons obtenu ainsi une dispersion nous permettant une mesure particulièrement précise de la distance des raies. Après avoir déterminé d'une façon approximative la position zéro du cristal nous réalisions une impression sur la plaque photographique de part et d'autre de cette position. Nous obtenions ainsi deux spectres symétriques éliminant toute possibilité d'erreur sur la position du zéro.

Nous avons déterminé la longueur d'onde des quatre « raies » de la série K pour tous les éléments lourds accessibles, depuis le tantale jusqu'à l'uranium.

Le tableau suivant résume ces résultats en unités X (10^{-11}cm), les valeurs sont exactes à 0,1 unité X près.

léments.	α_2.	α_1.	β.	γ.
Tantale	219,30	214,31	189,61	184,16
Tungstène	213,41	208,50	184,16	179,00
Osmium	202,14	197,51	174,75	169,45
Iridium	195,32	190,70	168,18	163,45
Platine	189,60	185,07	164,00	159,37
Or	184,34	179,26	158,90	153,83
Thallium	175,44	169,81	151,10	148,02
Plomb	170,18	165,27	146,93	142,57
Bismuth	165,73	160,91	142,20	136,21
Uranium	130,95	126,40	111,87	108,42

Nous n'avons pu obtenir encore les valeurs des longueurs d'ondes des raies K du mercure et du thorium par suite de difficultés expérimentales insurmontables provenant de la volatilité du mercure et de la désagrégation de la thorine.

Les chiffres obtenus pour le tungstène sont très voisins, comme on pourra le constater, de ceux de Siegbahn et de Duane et Stenstrom. Ceux du platine sont voisins de ceux obtenus récemment par Stanley Rogers. Parmi les mesures relativement anciennes, les chiffres de M. de Broglie pour ce dernier élément paraissent les plus précis, sauf pour la raie γ dont la valeur est nettement trop faible.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrographique du complexe iodocadmique.* Note (¹) de M. **P. Job**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une précédente Communication, j'ai montré comment l'étude des spectres d'absorption peut permettre de déterminer la formule et la stabilité du composé d'addition qui prend naissance lorsqu'on mélange deux solutions. J'ai songé à appliquer tout d'abord cette méthode à un exemple déjà connu, celui de la formation, à partir des iodures de cadmium et de potassium, du sel double CdI^4K^2. Son existence a été nettement démontrée de plusieurs façons (²). Contrairement à mon attente, les spectres d'absorption des mélanges de solutions équimoléculaires des deux iodures ne mettent pas en évidence la formation du sel double. Mais l'examen détaillé des spectrogrammes m'a suggéré que ce fait était dû à la complexité de l'iodure de cadmium lui-même. Il est très probable que les solutions de ce sel contiennent l'ion iodocadmique CdI^{4--} à une concentration très appréciable.

Dans ces conditions j'ai étudié la formation de cet ion complexe CdI^{4--}, à partir du sulfate de cadmium et de l'iodure de potassium.

J'ai donc préparé 17 mélanges de solutions décinormales (en molécules) de ces deux sels. La composition de ces mélanges variait régulièrement de 0 à 100 pour 100 d'iodure de potassium. J'ai photographié les uns au-dessus des autres les spectres d'absorption de ces 17 mélanges, à l'aide d'un spectrographe à prismes de quartz et

(¹) Séance du 16 mars 1925.

(²) Par la cryoscopie (G. Urbain et Cornec, *Bull. Soc. chim.*, 25, 1919, p. 215), par l'ébullioscopie (Bourion, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1406), par la chaleur de mélange (Chauvenet, P. Job et G. Urbain, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 855).

d'une petite cuve de 1cm de longueur, à faces de quartz, la source lumineuse étant un arc au fer. J'ai reproduit ci-dessous le spectrogramme obtenu. On voit que l'absorp-



I. II. III.

Spectres d'absorption (arc au fer) des mélanges en proportion variable de solutions de sulfate de cadmium et d'iodure de potassium $\left(\text{I, } SO^4Cd\ \frac{N}{10},\ IK\ \frac{N}{10};\ \text{II, } SO^4Cd\ \frac{N}{40},\ IK\ \frac{N}{10};\ \text{III, } SO^4Cd\ \frac{N}{10},\ SO^4Cd\ \frac{4N}{10}\right)$; la proportion d'iodure varie de 0 à 100 lorsqu'on se déplace de gauche à droite.

tion des mélanges dans l'ultraviolet est considérable et qu'elle passe par un maximum très net pour une proportion d'iodure de potassium égale à 80 pour 100. Pour déter-

miner plus exactement la position du maximum il convient de mesurer la position de la limite d'absorption à l'aide du microscope à chariot servant à la lecture des spectres. On porte les valeurs obtenues sur un graphique en fonction de la composition des mélanges. J'ai vérifié que la composition maxima reste fixe si l'on change la concentration commune des deux solutions.

Cette composition maxima correspond donc à 4I pour 1Cd et l'ion complexe qui prend naissance a pour formule CdI^4.

Comme je l'ai indiqué précédemment, on obtiendra la valeur de la constante d'équilibre k de la réaction $Cd^{++} + 4I^{-} \rightleftharpoons CdI^{4--}$, en déterminant la composition maxima des mélanges de solutions des deux iodures aux concentrations Γ et $\Gamma' = p\Gamma$.

La constante k est donnée en fonction de la composition x du mélange maximum par la formule

$$k = \frac{\Gamma^4 p^3[(p+4)x-4]^5}{(p-1)^4 \times (4-5x)}.$$

Le tableau suivant donne les résultats obtenus :

Concentration du sulfate de cadmium.	Concentration de l'iodure de potassium.	Composition maxima.	k.
$\frac{1}{10}$	$\frac{4}{10}$	59 pour 100	$1,3 \times 10^{-5}$
$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$	72 »	$1,3 \times 10^{-5}$
$\frac{1}{100}$	$\frac{4}{100}$	79 »	$1,1 \times 10^{-5}$
$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{10}$	68 »	$1,2 \times 10^{-5}$

A titre d'exemple, j'ai reproduit ci-dessus les spectrogrammes correspondant aux deux premières séries de mélanges.

La concordance remarquable des valeurs précédentes ne doit pas faire illusion sur la précision du résultat obtenu; la position du maximum ne peut en effet être obtenue qu'avec une approximation assez faible [1], et la plus petite erreur commise sur la valeur de x peut, dans certains cas, produire une erreur considérable sur la valeur de k. On peut, néanmoins, conclure de ces expériences que la méthode que j'ai indiquée permet non seulement de déterminer la formule de l'ion iodocadmique, mais encore de mesurer la constante d'équilibre correspondant à sa formation, et par conséquent sa stabilité.

---

(1) Il y aurait sans doute intérêt à employer une source lumineuse donnant un spectre plus continu que l'arc au fer.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Décomposition catalytique des chlorures d'acides.* Note [1] de M. A. **Mailhe**, transmise par M. P. Sabatier.

On sait que sous l'influence des catalyseurs métalliques, nickel et cuivre, les aldéhydes ont une tendance à se scinder en oxyde de carbone et carbure forménique [2].

Étant donnée la relation qui existe entre les aldéhydes et les chlorures d'acides, ceux-ci pouvant être obtenus par action du chlore sur les premières, il y avait lieu de penser que ces chlorures d'acides se comporteraient vis-à-vis des métaux divisés, d'une manière analogue aux aldéhydes et que leur dédoublement aurait lieu suivant la réaction

$$RCOCl = CO + RCl.$$

Toutefois, si la chose paraissait vraisemblable pour les chlorures d'acides aromatiques, par suite de la grande stabilité des chlorures benzéniques, il ne devait pas en être tout à fait ainsi pour les chlorures d'acides aliphatiques. On sait en effet que les carbures forméniques halogénés se dédoublent au contact des métaux et des chlorures métalliques en acide chlorhydrique et carbures éthyléniques [3]. Dans ce cas, on devait obtenir un carbure éthylénique et du gaz chlorhydrique.

L'expérience a parfaitement vérifié cette manière de voir.

Lorsqu'on dirige les vapeurs de *chlorure d'isovaléryle* sur un nickel peu actif, chauffé vers 420°, on constate un abondant dégagement d'un gaz chargé de vapeurs d'acide chlorhydrique. Il a pour composition :

	Pour 100.
CO^2	1
CO	39,6
C^nH^{2n}	36
CH^4	17,4
H	6

Il est formé surtout d'oxyde de carbone et de carbures éthyléniques. Ceux-ci, absorbés par le brome, fournissent principalement du bromure

[1] Séance du 30 mars 1925.
[2] P. Sabatier et Senderens, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, 4, 1905, p. 474.
[3] P. Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, 138, 1904, p. 407.

d'isobutylène, bouillant à 148°-149°, accompagné de $\frac{2}{10}$ de bromure de propylène.

Ces résultats montrent que le chlorure d'isovaléryle s'est décomposé en oxyde de carbone, HCl et isobutylène dont une petite portion s'est coupée en propylène et résidu CH^2 dont l'hydrogénation a donné du méthane :

$$(CH^3)^2CHCH^2COCl = CO + (CH^3)^2C = CH^2 + HCl.$$

En outre, il s'est formé une petite quantité de carbone due à la scission totale de résidus CH^2, ce qui a libéré de l'hydrogène et à la transformation d'une faible proportion d'oxyde de carbone en anhydride carbonique. Si celle-ci n'a pas été plus importante, cela tient à la faible activité du nickel.

Le *chlorure d'isobutyrile*, dans les mêmes conditions, s'est dédoublé en propylène, oxyde de carbone et acide chlorhydrique.

Les gaz recueillis avaient pour composition :

	Pour 100.
CO^2	0,8
CO	46
C^nH^{2n}	36
CH^4	13
H	4

Les vapeurs de *chlorure de propionyle* ont fourni, par dédoublement sur le même nickel, de l'éthylène identifié par son bromure, bouillant à 131°, de l'oxyde de carbone et du gaz chlorhydrique, ainsi que les réactions secondaires citées plus haut. La composition du gaz dégagé a été la suivante :

	Pour 100.
CO^2	1
CO	49,8
C^nH^{2n}	36
CH^4	10,2
H	3

La décomposition du *chlorure d'acétyle*, à 400°, se fait avec une grande facilité. Il se produit un abondant dégagement de gaz constitué par 62 pour 100 d'oxyde de carbone et 32 pour 100 d'hydrogène. On recueille seulement du chlorure d'acétyle non transformé.

Le *chlorure de benzoïle*, dirigé en vapeur sur le nickel chauffé à 420°, a fourni une décomposition régulière. Les gaz dégagés sont formés de 97 pour 100 d'oxyde de carbone, 1 pour 100 de CO^2 et 2 pour 100 d'hydrogène.

Le liquide condensé, soumis à la distillation, abandonne les traces de benzène, du chlorobenzène, 50 pour 100, bouillant à 131°, une certaine proportion de chlorure de benzoïle non transformé (40 pour 100), qui distille jusqu'à 210°. Puis le thermomètre monte jusqu'à 375° et il distille à ce moment une huile de couleur jaune, d'odeur très agréable, qui cristallise partiellement en beaux prismes jaune d'or, fondant à 90°. C'est le dibenzoïle ou benzile, $C^6H^5CO.COC^6H^5$.

Ces résultats indiquent que le chlorure de benzoïle s'est décomposé suivant la réaction

$$C^6H^5COCl = CO + C^6H^5Cl$$

et qu'en dehors de la formation d'un peu de benzine, il s'est produit une réaction accessoire, due vraisemblablement à l'hydrogénation partielle du chlorure d'acide, qui a donné naissance au benzile.

GÉOLOGIE. — *Galets à facettes dans la brèche tectonique des massifs de sel de Roumanie.* Note [1] de M. **I. P.-Voitești**, présentée par M. Émile Haug.

Au cours des études des massifs de sel carpathiques que nous poursuivons depuis plusieurs années, nous avons observé, dans la brèche tectonique argileuse qui les enveloppe, la présence de blocs de différentes roches qui portaient les empreintes des phénomènes mécaniques subis durant leur sortie vers la surface dans le noyau des anticlinaux fracturés.

Cette année, ayant eu l'occasion de revoir la brèche tectonique du massif de sel de Podenii Noui (25km au NE de Ploești), ouverte par l'érosion de plusieurs cours d'eaux sur une longueur de 5km et une largeur variant entre 1km dans l'ouest et 500m dans l'est, nous avons trouvé dans cette brèche presque toutes les formes de cailloux à facettés (« facetted pebbles » — « Facettengeschiebe ») décrits pour la première fois par Wynne [2] et Oldham [3],

(1) Séance du 30 mars 1925.

(2) A.-B. Wynne, *On a facetted and striated pebble from the Olive Group of Cliel Hill in the Salt Range of the Punjab, India* (*Geol. Mag.*, Dec. III, 3, 1886, p. 492).

(3) R.-D. Oldham, *Note on the facetted pebbles from the Olive Group of the Salt Range, Punjab, India* (*Ibid.*, 1887, p. 32).

puis par Noetling [1] de l'argile à blocaux du Permien du Salt Range (Inde).

La brèche tectonique du massif de Podenii Noui apparaît dans le noyau d'un anticlinal de roches néogènes, sur la bordure extérieure des Subcarpathes méridionales. Sur le flanc nord de cet anticlinal fracturé la brèche tectonique est couverte par l'entière série de couches miocènes-pliocènes, tandis que sur le flanc sud elle prend contact par faille avec les couches (graviers) de Candeşti du Levantin supérieur.

Au point de vue pétrographique cette énorme brèche est constituée par une masse argileuse, finement broyée, de couleur gris foncé ou même noirâtre, dans laquelle apparaissent, sans aucun ordre, des blocs et lentilles petites et grandes, quelquefois énormes, de différentes roches : de granite du type carpathique; d'un granite porphyrique et de porphyre d'un type inconnu dans les Carpathes; des schistes cristallins du type carpathique et dobrogéen (roches vertes); de roches cornéennes; de grès rouge permien; de calcaire jurassique du type dobrogéen; de calcaires néocomiens-aptiens du type carpathique; d'Oligocène (ménilites et dysodiles); de Méditerranéen (conglomérats), et enfin de Sarmatien (calcaire), de Méotien (grès) et même de Levantin (graviers).

Parmi ces blocs et lentilles, comme nous avons dit, il y en a d'énormes. Ainsi, par exemple, dans la brèche du flanc nord du massif, il y a une lentille de roches oligocènes, schistes marneux avec des intercalations siliceuses, longue d'à peu près 1000^{m} et large de plus de 150^{m}, en dehors des petites lentilles qu'on observe parsemées un peu partout dans la partie supérieure de la brèche.

De même le calcaire jurassique du type dobrogéen apparaît assez souvent en blocs depuis la grosseur d'un poing jusqu'à celle de quelques mètres cubes et même on en a exploité un, pour la chaux vive, qui mesurait plus de 700 m^3. De même aussi pour les blocs de conglomérats méditerranéens.

Dans le torrent « Valea Dulce », qui a entamé transversalement la partie orientale de la brèche, jusqu'à mettre à jour le massif de sel sur une largeur de quelques centaines de mètres, nous avons trouvé des blocs à facettes des différentes formes décrites de la région du Salt Range.

Ainsi, nous avons observé : des blocs de calcaire (mésozoïque) présentant une seule face, un peu courbée dans la partie antérieure et nettement délimitée à la partie postérieure, portant des striations profondes et parallèles dans le sens de la longueur; des blocs calcaires (néocomiens) à deux faces se coupant à angle droit, ressemblant parfaitement à ceux publiés par Noetling (*op. cit.*, figure 2); des grands blocs de conglomérat méditerranéen, dont les galets de calcaire sortant en relief étaient tous facettés au même niveau et striés dans le même sens; des blocs de roches dures (roches cornéennes) à une face plane, ou arrondis, admirablement polis; des galets

---

(1) Fr. Noetling, *Beiträge zur Kenntniss der glacialen Schichten permischen Alters in der Salt Range, Punjab, India* (*Neues Jahrb. f. Miner.*, 2, 1896, p. 61-86).

calcaires facettés, à plusieurs faces se coupant sous un angle très obtus ; enfin des blocs à faces courbes (concaves ou convexes) polies et striées finement.

L'explication de l'origine de tous ces phénomènes mécaniques, que présentent les blocs compris dans la brèche tectonique du massif de sel de Podenii Noui, est très facile, si l'on considère que la matrice dans laquelle ils se trouvaient englobés pendant le mouvement ascendant du massif est constituée par la brèche argileuse-marneuse fine, provenant du broyage des roches argileuses-marneuses des formations géologiques transpercées par le sel du massif, comme d'ailleurs ces blocs proviennent des roches dures des mêmes formations.

En étudiant la littérature géologique concernant la structure des « boulder beds » du Permien du Salt Range et spécialement les descriptions données par Koken et Noetling (¹), d'où il ressort que, dans cette argile à blocaux, il y a aussi des klippes et lambeaux bien conservés de roches peu résistantes à l'action mécanique d'un glacier (argiles, marnes et grès conglomératiques) et provenant des roches des formations du lit (purple sandstone, magnesian sandstone et Baganwala group) et du toit (Speckled sandstone, etc.), phénomènes qu'on observe couramment dans la brèche tectonique des massifs des régions carpathiques (²), et considérant encore les grandes discussions qu'a suscitées l'explication par glaciation des phénomènes mécaniques que présentaient ces blocs facettés, nous arrivons à la conclusion que ce qu'on a décrit comme dépôts morainiques dans le Permien du Salt Range n'est qu'une brèche tectonique fossile, dessalée, d'une zone tectonique régionale d'apparition de massifs de sel, et cela d'autant plus que, dans le Salt Range au-dessous du lambeau de Cambrien (qui s'effile vers l'ouest), apparaissent des marnes salées (salt marl), lesquelles appartiennent probablement à la même zone de brèche tectonique.

(¹) E. Koken et F. Noetling, *Das permische Glacial* (*Centralbl. f. Min.*, etc., 1903, p. 45-49); *Ueber die Geschiebe des permischen Glacials* (*Ibid.*, p. 72-76); *Die wahrscheinliche Entstehung d. Facettengeschiebe* (*Ibid.*, p. 97-103).

(²) I. P.-Voitesti, *Quelques remarques sur l'âge du sel des régions carpathiques* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4ᵉ série, 19, Paris, 1920); *Sur l'origine du sel et les rapports tectoniques*, etc. (*Ibid.*, 21, Paris, 1921); *Rapports géologiques entre les gisements du sel et ceux du pétrole* (*Annales des Mines de Roumanie*, 7ᵉ année, Bucarest, 1924).

GÉOLOGIE. — *Le Djebel Hadid (Grand Atlas oriental).* Note (¹) de M. J. **Savornin**, transmise par M. Ch. Depéret.

Le nom de Djebel Hadid, qu'on lit sur des cartes générales du Maroc à l'extrémité orientale du Grand Atlas, ne figure pas sur les cartes détaillées. C'est une appellation étrangère au pays.

Jusqu'à une date récente, les populations autochtones exploitaient les gisements de minerai de fer susceptibles de traitement au charbon de bois. De tels gisements sont fréquents, au cœur de l'Atlas, dans la zone nord de Gourrama.

Les plus importants se trouvent chez les Aït bou Meriem, près de Sidi Otman, et chez les Aït Mesrouh, autour de Tit n'Ali. On voit encore de grosses accumulations de scories et même certains fourneaux de traitements. Ce renseignement a pu être donné à quelque géographe, sous la forme abrégée : « montagne de fer » pour désigner le pays où l'on fabriquait ce métal.

Aucun géologue n'avait visité cette région.

C'est — entre les deux vastes affleurements paléozoïques du Tamlelt et de la Haute-Moulouya — une troisième zone où le substratum du Lias est largement mis au jour. Deux jalons intercalaires doivent, en outre, exister : au Dj. Bou Dahar (oued Tarrecht) et à l'Ayachi (charnière géniculée).

On peut réserver le nom fictif de Dj. Hadid à la bande paléozoïque est-ouest, qui s'étend sur 60^{km}, avec une largeur de 12^{km} au nord de Gourrama. C'est l'axe tectonique principal de la grande chaîne. Le fer est dans des schistes qu'on peut attribuer partiellement au Silurien. Les filons métallifères se distinguent de loin, comme des dykes sombres. Leur voisinage n'est sans doute pas fortuit avec des roches cristallines vertes.

Ces diabases jouent le même rôle que dans les régions sud d'Oudjda et les Beni Snassen : elles n'apparaissent que comme substratum direct du Lias. Comme dans ces régions du Nord, elles tiennent parfois la place du Permo-Trias (²). C'est ce qu'on voit dans le cirque de Mougueur. Les colorations vives des roches vertes et de leurs produits d'altération sont particulièrement remarquables au nord de Tiouzaguine.

(¹) Séance du 2 mars 1925.

(²) Savornin, *État actuel des connaissances sur la géologie du Maroc français* (*Bull. Soc. géogr. Alger et Afrique du Nord*, 15, 1922, p. 86).

Il arrive parfois que la dolérite est la seule portion visible du substratum, dans les charnières de plis liasiques étroits : Tizi Kert, sud du Dj. Ghis, et plus loin à l'Ouest. Un semblable affleurement doit se trouver dans la gorge amont d'El Bour : j'ai recueilli des galets doléritiques près de ce village. Deux autres boutonnières, minuscules, se voient presque à mi-distance entre Bertat et Gourrama : pointe ouest du Dj. Iguedit et près de Tizi ou Asserdoun. Des contacts anormaux se manifestent ici ([1]).

Les affleurements liasiques dessinent, outre les grands anticlinaux éventrés, transformés en cirques paléozoïques, de multiples replis. Les axes tectoniques sont affectés d'ondulations aussi bien verticales qu'horizontales, ce qui donne à la carte un graphique assez étrange. Aux lignes directrices recourbées, figurant des mailles, s'ajoutent (extérieurement à ce nœud tectonique) des lignes droites sensiblement parallèles, encadrant le tout.

La plus septentrionale de ces dernières est relayée, au Tizi Gzaouine, par le Skindis, qui s'allonge au Nord-Est pour amorcer un immense arc de cercle se terminant en vue de Matarka. J'avais noté cette pointe dès 1922 ([2]) : c'est l'arête de l'Oum Chakourt, prolongée par l'Hameïda, le Taghit et le Chaïf Oulad Raho. Cet arc de chaînes articulées affecte déjà l'allure des chaînes « processionnaires ». Sa longueur est de 160^{km}, comptés depuis les Aït Daoud ou Moussa : Djebel Yhoudi (entre Bertat et Gourrama).

Les affleurements crétacés encadrent cet anticlinal, désormais unique et dont la largeur, occupée par le Lias et l'Oolithe inférieure, n'atteint pas 6^{km} (entre Foum el Msenn et Foum Meridja). Un petit témoin d'Albien détritique révèle d'ailleurs, à cet endroit, la continuité originelle de la couverture crétacique.

En résumé, le Djebel Hadid, comme l'Ayachi, faisait partie des reliefs du Grand Atlas déjà plissés et particulièrement émergés, lors de la transgression albo-cénomanienne. L'Oum Chakourt, prolongement du Hadid, était une île. L'ébauche structurale du Grand Atlas remonte donc à des temps fort anciens.

---

(1) Je dois, à ce propos, rectifier un lapsus qui s'est glissé dans ma première Note sur la région à 4^{km} de Talsint; ce n'est pas un pointement de Trias qui se voit à la limite du Lias supérieur et du Bajocien, mais un travertin, dépôt de source incrustante (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 281).

(2) *Remarques sur la transgression mésocrétacée au Maroc central* (*C. R. somm. Soc. géol. de Fr.*, 1922, p. 36).

GÉOLOGIE. — *Sur l'éventail de Bagnes et la nappe de la Dent Blanche.* Note (¹) de M. **Frédéric Hermann**, transmise par M. Ch. Depéret.

L'*éventail de Bagnes*, partie frontale de la carapace de la nappe du Grand Saint-Bernard, ainsi nommé par H. Gerlach (²), qui le reconnut dans cette vallée, où l'érosion l'a conservé dans son plus grand développement, a été plissé en éventail au cours des dernières phases de la mise en place des nappes alpines.

En 1913, j'ai rattaché à cette masse les digitations, s'amincissant toutes vers les régions internes, d'Arzinol, de Getty, du Sasseneire, de la Becca de Lovégnoz, et des Becs de Bosson (environs d'Evolène), en indiquant que tout ce complexe ne pouvait se raccorder par le Sud à la nappe du Grand Saint-Bernard, ainsi qu'on le croyait jusque-là, mais que l'*éventail de Bagnes*, avec ses prolongements, était un énorme pli en retour de cette nappe, dont le point d'attache devait être cherché au Nord-Ouest, dans les parages du Mont Carré sur Sion, par exemple (³).

Il n'est plus possible d'attribuer un rôle actif à la poussée exercée par la nappe de la Dent Blanche sur celle du Grand Saint-Bernard, dans la formation de ce phénomène conçu enfin dans sa véritable nature : il faut en voir la cause dans la surrection, contemporaine à l'avancée des nappes, du Mont Blanc.

Au cours du serrage final contre les massifs hercyniens frontaux, les nappes se renflèrent sous les promontoires de ces obstacles qu'elles ne parvenaient pas à déborder, les soulevant et les projetant vers l'avant par sous-charriage. De même que celui du Gothard, les môles hercyniens du Mont Chétif, du Mont Blanc, des Aiguilles Rouges ont subi le sous-charriage des nappes simploniques, qui, invisibles en profondeur, mais évidentes par leur effet, les ont soulevés, jusqu'à leur faire produire des nappes à leur tour.

A mesure que la masse frontale de la nappe du Grand Saint-Bernard, sous la poussée interne, s'avançait et se soulevait pour déborder l'obstacle, celui-ci s'élevait par le même effort.

(¹) Séance du 30 mars 1925.

(²) *Das südwestliche Wallis* (*Mat. Carte géol. Suisse*, livr. 9, 1871, p. 125).

(³) *Recherches géologiques dans la partie septentrionale des Alpes Pennines* (*Thèse*, Lyon, 1913, p. 84-94 et 102-103). Une thèse de doctorat (E. Wegmann, *Zur Geologie der S. Bernharddecke im Val d'Hérens*, Neuchâtel, 1923) a, 10 ans après moi, reproduit cette découverte, tout en citant mon travail dans la bibliographie.

Cette contemporanéité de mouvements déforma la masse frontale de la nappe du Grand Saint-Bernard en un pli à arrêt forcé, croissant peu à peu et se refoulant en arrière sur lui-même, à mesure que la matière affluait des régions plus internes; par contre-coup, la masse subfrontale de la Dent Blanche surincombante en fut arrêtée et renflée, jusqu'à prendre la forme qu'on lui voit aujourd'hui entre le Val de Bagnes et le Val d'Hérens. Son avancée contrariée entraîna seulement les parties plus internes que la « coupole » de Boussine (haut Val de Bagnes), déformée en un anticlinal complexe par la résistance de la masse externe, déjà comprimée, à son avancement.

Les ophiolites des Aiguilles Rouges d'Evolène et des Haudères (haut Val d'Hérens), analogues de la nappe de la Platta des Grisons, furent profondément pincées dans ce remous grandiose, entre l'*éventail* et la nappe surincombante.

Le gauchissement de la carapace de la nappe du Grand Saint-Bernard vers l'Est (voir mon Ouvrage cité, panorama tectonique), et, mieux encore, l'atténuation rapide dans la même direction de la convexité du flanc renversé de la nappe supérieure, qui, déjà aux Diablons et aux Rocs de Boudri (Val d'Anniviers), devient une surface presque plane et subhorizontale, temoignent de la disparition rapide vers le Nord-Est de l'*éventail de Bagnes*. Son volume semble diminuer aussi, quoique d'une façon moins prononcée, vers l'Ouest, dans le Valgrisenche, où l'action d'arrêt et de refoulement de la continuation de l'*éventail* sur la nappe de la Dent Blanche est encore plus saisissante. Le flanc renversé de celle-ci semble y exagérer son renflement jusqu'à se coincer à angle aigu en direction et à proximité du synclinal pénétrant sous l'*éventail*.

De façon correspondante, l'épaisseur considérable attribuée à la nappe de la Dent Blanche paraît n'être réelle que devant le centre de cette masse et, de part et d'autre, la digitation Dent Blanche *sensu stricto* n'était vraisemblablement pas très épaisse. Si l'on admet que les synclinaux qui la séparent des digitations du Mont Mary, du Mont Emilius et de l'écaille du Mont Rafray (Val d'Aoste), se prolongeaient, étirés, fort loin vers les racines (et cela n'est pas douteux), la nappe entière prend une frappante analogie de formes et de proportions avec son équivalent grison, la nappe Margna-Sella-Platta (1).

---

(1) R. STAUB, *Der Bau der Alpen* (*Mat. Carte géol. Suisse*, nouvelle série, 52e livr., 1924, pl. XXX).

Un nouveau lambeau de la nappe de la Dent Blanche à la Becca de Toss en Valgrisenche. — Au sein de la masse puissante de schistes lustrés, qui forment le haut du massif situé à la confluence du Valgrisenche et du Val de Rhêmes, on trouve vers le haut trois bandes étroites et étirées de prasinites et de micaschistes, qui paraissent représenter les prolongements frontaux de la digitation du Mont Mary (nappe de la Dent Blanche) (¹).

Ce massif est couronné par une masse imposante de roches différentes, dominée par la Becca de Toss (3302ᵐ). Des lentilles de calcaires et de marbres sériciteux de facies triasique contournent approximativement la base du lambeau et y sont, soit en contact avec les schistes lustrés sous-jacents, soit ennoyés dans la partie inférieure de la masse incombante de prasinites chlorito-épidotiques, qui en contient à différents niveaux des lentilles, toujours plus restreintes et rares vers le haut, quelques-unes formées de calcaires charbonneux (²). Au-dessus l'on trouve des micaschistes chloriteux, passablement quartzifères et enfin, dans les parties les plus hautes (arêtes S, N jusqu'au sommet 3175, et O. de la Becca de Toss), des gneiss, riches en quartz, à muscovite et chlorite, avec magnétite abondante et peu d'épidote, et des gneiss chlorito-épidotiques avec peu de glaucophane et de calcite.

Tout cet ensemble, qui plonge légèrement au NW, correspond stratigraphiquement au *groupe de Tracuit* (substratum de la nappe) et aux parties supérieures de la série para-cristalline de la nappe de la Dent Blanche tels que les décrit M. Argand (³).

Ce lambeau prolonge en direction axiale, au point de vue tectonique, les restes du flanc renversé de la nappe de la Dent Blanche au NW d'Aoste; il n'est pas possible, par contre, de le rattacher à la nappe du Grand Saint-Bernard.

(¹) R. Staub, *Tektonische Karte der Alpen* (*Mat. Carte géol. Suisse,* Carte spéciale 95 *a*). L'auteur y indique des lames analogues à celles-ci au nord de Zermatt, et les attribue (ouvrage cité) à cette digitation.

(²) Du versant du Val de Rhêmes elles contournent la base des contreforts 2961 et 2960 de la Becca du Merlo (3175), la crête de Verconey (2925) et les hauts plateaux au SW du sommet principal de Toss.

(³) E. Argand, *L'exploration géologique des Alpes Pennines centrales* (*Bull. Lab. Géol. Min. Univ. Lausanne*, n° 14, 1909, groupe de Tracuit, p. 19, et stratigraphie de la nappe de la Dent Blanche, p. 24).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures magnétiques dans le centre de la France.* Note de M. L. Eblé, présentée par M. Daniel Berthelot.

Notre campagne magnétique de 1924 s'est étendue à 45 stations situées dans les départements du Loir-et-Cher (14), du Cher (17) et de la Nièvre (14); 20 appartiennent à l'ancien réseau de Moureaux, les autres sont nouvelles. Nous donnons ci-dessous les valeurs des éléments magnétiques réduites au 1er janvier 1922); les noms des stations nouvelles sont en italiques.

Valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1922.

Numéros d'ordre.	Stations.	D.	I.	H.	Situations magnétiques.
	Loir-et-Cher :				
		° ′	° ′		
8.	Blois	12.24,7	63.46,3	0,20194	calme
7.	*Contres*	12.18,6	63.38,6	0,20300	presque calme
9.	*Mer*	12.19,8	63.51,7	0,20173	calme
4.	*Mondoubleau*	12.45,3	64.19,8	0,19905	agitée
3.	*Montoire*	12.38,3	63.58,0	0,20114	peu agitée
14.	*Montrichard*	12.28,0	63.27,1	0,20341	peu agitée
1.	*Morée*	12.30,7	64. 1,8	0,20059	peu agitée
11.	La Motte-Beuvron	11.51,3	63.43,2	0,20219	calme
10.	*Neung-sur-Beuvron*	12. 6,2	63.37,1	0,20291	peu agitée
5.	*Oucques*	12.24,7	64. 1,0	0,20088	peu agitée
6.	*Ouzouër-le-Marché*	12.15,0	63.57,9	0,20086	presque calme
13.	Romorantin	12.12,0	63.35,4	0,20339	presque calme
12.	*Salbris*	11.50,1	63.33,9	0,20340	peu agitée
2.	Vendôme	12.34,2	63.58,0	0,20116	calme
	Cher :				
26.	*Les Aix d'Angillon*	11.26,8	63.15,2	0,20548	calme
22.	Aubigny-sur-Nère	11.26,8	63.40,0	0,29373	presque calme
24.	*Baugy*	11.24,5	63.14,5	0,20563	calme
25.	Bourges	11.37,7	63.13,1	0,20518	presque calme
16.	Châteaumeillant	11.46,9	62.48,7	0,20753	calme
20.	Châteauneuf-sur-Cher	11.49,8	63. 5,0	0,20573	peu agitée
18.	*Dun-sur-Auron*	11.39,4	63. 4,0	0,20606	calme
41.	La Guerche-s-l'Aubois	11.54,8	63. 4,1	0,20661	peu agitée
23.	Henrichemont	11.29,1	63.26,3	0,20447	peu agitée
19.	*Lignières*	12. 1,7	62.55,7	0,20634	presque calme
28.	*Mehun-sur-Yèvre*	11.49,9	63.16,8	0,20470	calme
17.	St-Amand-Montrond	11.49,3	62.44,1	0,20782	calme
43.	*Sancergues*	12. 4,5	63.18,8	0,20514	presque calme
27.	Sancerre	12.13,6	63.28,4	0,20463	calme
42.	*Sancoins*	11.40,3	62.56,1	0,20728	peu agitée
21.	*Vailly-sur-Sauldre*	11.51,1	63.40,8	0,20383	peu agitée
15.	Vierzon	11.56,6	63.21,8	0,20416	presque calme

Numéros d'ordre.	Stations.	D.	I.	H.	Situations magnétiques.
		Nièvre :			
36.	Cercy-la-Tour........	11°.15',3	62°.58',3	0,20650	presque calme
44.	*La Charité*..........	11.54,6	63.18,8	0,20399	calme
37.	Château-Chinon.......	11. 7,6	63. 4,9	0,20560	presque calme
29.	Clamecy..............	11.28,6	63.28,1	0,20381	calme
38.	*Corbigny*...........	11.20,3	63.13,3	0,20486	calme
31.	Cosne................	12.11,6	63.28,6	0,20387	calme
35.	*Decize*.............	11.20,4	62.56,1	0,20679	presque calme
30.	*Donzy*..............	11.50,9	63.23,9	0,20388	calme
34.	Nevers...............	11.37,4	63. 3,5	0,20593	presque calme
45.	Pougues-les-Eaux.....	11.50,8	63. 7,8	0,20565	calme
32.	Pouilly-s-Loire......	12. 7,7	63.18,6	0,20448	calme
40.	*Prémery*............	11,35,5	63.12,1	0,20511	presque calme
33.	*St-Pierre-le-Moutier*..	11.38,5	62.55,8	0,20711	calme
39.	*Saint-Saulge*.......	11.26,4	63. 7,3	0,20540	calme

Les variations séculaires moyennes entre 1896 et 1922 sont, pour chaque département :

Loir-et-Cher...	ΔD = − 2°.57'	ΔI = − 0°.35'	ΔH = + 0,0018
Cher..........	ΔD = − 2.59	ΔI = − 0.35	ΔH = + 0,0019
Nièvre........	ΔD = − 3. 2	ΔI = − 0.32	ΔH = + 0,0015

Ces valeurs moyennes suffisent à faire apercevoir la répartition générale des variations séculaires dans cette bande de terrain qui s'étend à peu près de l'Ouest à l'Est entre Vendôme et Château-Chinon.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Les atmosphériques sur les océans. Leurs caractères météorologiques.* Note (¹) de MM. **R. Bureau** et **M. Coyecque**, présentée par M. G. Ferrié.

L'intensité relative et les variations des atmosphériques ont été relevées d'une manière presque ininterrompue dans les derniers voyages météorologiques du *Jacques-Cartier* (²) : Bordeaux, Panama, Vancouver et Vancouver, Panama, Le Havre, accomplis du 28 octobre 1924 au 30 janvier 1925.

(¹) Séance du 30 mars 1925.

(²) E. Delcambre, *L'œuvre météorologique du* Jacques-Cartier (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1337).

Comme le réseau très dense d'observations de navires (jusqu'à 52 pour une même heure d'observation), concentré chaque jour par T. S. F. à bord du *Jacques-Cartier*, permet de suivre d'une manière exceptionnellement précise la situation météorologique sur l'Océan, les atmosphériques ont pu être comparés sans difficulté, non pas aux phénomènes météorologiques locaux, mais aux perturbations elles-mêmes matérialisées en surface et suivies à travers l'Océan. Voici le résumé des principales conclusions :

L'approche d'un front froid est précédée par l'*apparition* d'atmosphériques dont la violence augmente jusqu'au passage du front. Ces atmosphériques commencent à se faire sentir quelques centaines de milles avant le passage du front (environ 400 la nuit et 250 le jour). Aussitôt après le front, on constate fréquemment une diminution passagère des atmosphériques (quelques heures).

La *diminution passagère* des atmosphériques à la suite des fronts froids concorde avec l'aspect du ciel : au lieu des cumulo-nimbus, on note des strato-cumulus. Les cumulo-nimbus et les atmosphériques violents sont l'un et l'autre une suite de l'instabilité verticale de l'atmosphère. L'aplatissement des nuages (strato-cumulus) et la diminution des atmosphériques sont au contraire les signes d'une stabilisation verticale de l'atmosphère.

Cette diminution des atmosphériques n'est d'ailleurs que provisoire. Ils réapparaissent dans l'air polaire des noyaux de hausse barométrique.

Leur *disparition définitive* est commandée par l'approche plus ou moins rapide d'un noyau de baisse (ou d'un front chaud). Si le noyau de baisse est rejeté hors de la trajectoire par un noyau de hausse jouant en petit le rôle de centre d'action, les atmosphériques ne s'éteignent pas, mais se maintiennent jusqu'à l'arrivée de ceux qui annoncent le prochain front froid. Inversement, l'arrivée rapide d'un noyau de baisse se fait pressentir par la disparition prématurée des atmosphériques de l'air polaire [1].

La *régularité* de certains courants de perturbations sur l'Océan entraîne une régularité parallèle des atmosphériques : si l'on considère les noyaux de hausse et de baisse barométrique dans l'intervalle correspondant à la demi-période du courant de perturbations, les atmosphériques apparaissent peu après le passage de la partie centrale du noyau de hausse, subissent fréquemment alors une diminution passagère et disparaissent définitivement après le passage du maximum du noyau de hausse par suite de l'influence de la baisse suivante (cas observé pour une demi-période voisine de 24 heures).

---

[1] Ph. Scherechewsky et Ph. Wehrlé, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 235 et 1183.

Les *fronts doubles* sont accompagnés d'atmosphériques d'autant plus violents que les discontinuités météorologiques sont plus prononcées. Le phénomène de disparition provisoire des atmosphériques après le passage du front double est beaucoup moins marqué que dans le cas d'un front froid. Il peut même ne pas être observé.

Les phénomènes restent les mêmes dans les *basses latitudes;* et les atmosphériques continuent en général à y être commandés par les perturbations du front polaire ou leurs prolongations : l'air tropical des secteurs chauds des dépressions, même très méridionales, n'est accompagné d'aucun atmosphérique ([1]). Par contre, le prolongement des fronts froids ou des fronts doubles jusque dans les régions subéquatoriales provoque une violente recrudescence d'atmosphériques qui commence à se faire sentir quelques centaines de milles avant le passage du front. *Les atmosphériques sont le phénomène qui met le mieux en évidence le passage des perturbations météorologiques dans les régions tropicales; les autres variables météorologiques (pression, vent, température, humidité) n'accusent ce passage que d'une manière beaucoup plus irrégulière; de plus ils ne dénoncent la perturbation météorologique qu'au moment où elle atteint le poste d'observation, tandis que les atmosphériques l'annoncent plusieurs heures à l'avance.*

Des atmosphériques présentant une périodicité quotidienne ont été observés au sud-est des Bermudes. Ils se rattachaient à un centre d'action anticyclonique de formation récente. Ils apparaissaient au lever du jour pour disparaître au début de la nuit.

En résumé, les phénomènes observés dans l'Atlantique, le Pacifique et la mer des Antilles ont qualitativement la même allure que ceux qui sont observés en France ([2]). Toutefois, certains résultats numériques sont nettement différents : les fronts froids et les fronts doubles sont annoncés sur l'Océan beaucoup plus tôt qu'en France (quelques centaines de milles au lieu de quelques dizaines de kilomètres). La disparition provisoire des atmosphériques consécutive aux fronts froids est plus longue (quelques heures) sur l'Océan qu'en France où elle n'est observée que pendant un temps assez bref (de l'ordre du quart d'heure) après le passage des lignes de grains.

([1]) Le *Jacques-Cartier*, parvenant dans le secteur sud-est d'un cyclone tropical, a constaté la disparition radicale d'atmosphériques. Phénomène comparable à celui observé à l'approche d'un typhon (V. Gherzi, *Onde électrique*, 3, 1924, p. 490).

([2]) R. Bureau, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 589.

MÉTÉOROLOGIE. — *Problèmes pratiques de météorologie concernant l'Afrique occidentale française.* Note (¹) de M. **Henry Hubert.**

Les deux problèmes pratiques de météorologie vers la solution desquels tendent actuellement mes efforts en Afrique occidentale française sont : la prévision, à courte échéance (quelques heures) du passage des grains orageux ; la prévision à longue échéance (2 à 3 mois) de l'ordre de grandeur probable des précipitations dans les différentes parties du pays.

Les études en cours laissent entrevoir que la solution du premier de ces problèmes pourra être obtenue en effectuant régulièrement des sondages aériens et en combinant les renseignements qu'ils donnent avec ceux résultant de l'écoute systématique des parasites atmosphériques.

La solution du second problème est plus délicate. Elle est fonction de plusieurs éléments dont les principaux sont :

1° L'influence de facteurs extérieurs à l'Ouest africain. Il apparaît dès maintenant que les grandes variations des trois centres d'action des Açores, de Sainte-Hélène et de la Sibérie ont une répercussion très nette sur les grandes variations d'intensité et d'extension de la mousson en Afrique occidentale et, par suite, sur les variations ultérieures de la pluviosité.

2° L'influence des conditions régionales. Même avec une exposition en apparence très semblable, certaines régions réagissent d'une façon assez différente sous l'influence de facteurs météorologiques extérieurs à l'Afrique occidentale. Cependant les différences d'un point à l'autre sont assez faibles. Ce sera en tout cas le mérite de chaque observateur local de mettre celles-ci en évidence et d'en tirer parti pour adapter à sa région les observations générales qui lui seront communiquées.

3° Les variations possibles de la position des isohyètes pour chacune des périodes considérées. Si ces variations étaient quelconques le but poursuivi serait vain, puisque de faibles modifications des influences précitées provoqueraient une transformation complète de l'allure des isohyètes, ainsi que cela s'observe dans bien des pays.

Les connaissances progressivement acquises permettent de considérer qu'il n'en est pas ainsi.

a. Malgré des différences considérables dans la quantité d'eau tombée, pour un jour déterminé, dans les différents endroits d'une même région, il

---

(¹) Séance du 30 mars 1925.

se produit assez rapidement une compensation automatique pour tous les points de cette région, si bien que, pour une période suffisamment longue (une quinzaine en général et un mois au maximum), on peut considérer la quantité d'eau tombée comme pratiquement du même ordre de grandeur pour tous les points de cette région ([1]).

b. Les zones recevant pratiquement la même quantité d'eau pour une période suffisamment longue (quinzaine ou mois) occupent des surfaces considérables ([1]).

c. La répartition de ces zones n'est pas quelconque. Elles sont progressivement décroissantes de part et d'autre d'une zone centrale et l'ensemble de toutes les zones a des déplacements de même sens aux mêmes époques ([2]).

d. Quelles que soient les différences observées d'une année à l'autre dans les quantités d'eau tombée pour une période déterminée, certaines stations se groupent toujours entre elles ([3]).

e. Si grandes que soient, d'une année à l'autre, les variations de la quantité de pluies tombée en Afrique occidentale, il y a, là encore, quasi-permanence du dessin des courbes ([4]), au moins pour la grande majorité d'entre elles. Les variations notables de position s'observent seulement, soit pour les isohyètes extrêmes (50 et 500mm), qui sont localisées dans des régions où ces variations apportent peu de changements; soit, dans un petit nombre de cas, pour les régions méridionales. Même dans les cas de plus grandes variations de position des courbes, il y a toujours des points fixes jouant le rôle de charnières ([4]).

f. Lorsque deux isohyètes d'une même valeur figurent sur une carte, de part et d'autre de la zone maximale, la distance les séparant en latitude ne peut varier qu'entre des limites étroites qu'il a été possible de déterminer.

g. La comparaison des cartes mensuelles des pluies des différentes années avec les cartes normales mensuelles des pluies (établies grâce aux courbes de plus grande fréquence) montre que les variations par excès ou par défaut de la quantité des pluies tombées se prolongent avec le même signe pendant de longues périodes (plusieurs mois) et sur des étendues considérables (souvent l'ensemble de l'Afrique occidentale). Dans le temps comme dans

---

([1]) H. Hubert, *Le Service météorologique de l'A. O. F. en* 1922.

([2]) H. Hubert, *Comptes rendus*, 160, 1915, p. 606.

([3]) Cette observation acquiert un intérêt particulier pour l'établissement des cartes de pluies au cas d'anomalies en certains endroits.

([4]) H. Hubert, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 945.

l'espace, ces variations sont progressivement décroissantes à partir d'un centre, normalement situé dans la zone maximale.

Les considérations précédentes permettent de construire, pour un mois quelconque, la carte des pluies de l'Afrique occidentale, dès qu'on connaît la hauteur d'eau tombée en un petit nombre de points. Si, pour quelques localités convenablement choisies, l'ordre de grandeur des précipitations peut être déduit, deux ou trois mois à l'avance, de la connaissance de certaines observations extérieures à l'Ouest africain, la carte des précipitations de cette partie du continent peut être établie aussitôt.

BOTANIQUE. — *Sur le sac embryonnaire des Dipsacées.* Note de M. P. **Lavialle**, présentée par M. Guignard.

Le sac embryonnaire des Dipsacées présente des particularités de structure qui ont été interprétées de façons différentes par les auteurs qui l'ont étudié. C'est la région inférieure de cet organe, occupée par les cellules antipodes, qui a donné lieu à ces divergences d'opinion. On a admis, notamment, que, dans le *Knautia arvensis* (1), les cellules du nucelle qui bordent le sac embryonnaire à la base, se multiplient de façon à former une sorte de gaine entourant les cellules antipodes, qui ne subiraient elles-mêmes aucune division. Par contre, dans le *Morina longifolia* (2), les antipodes se diviseraient et se mettraient en relation avec un cordon de cellules allongées, situées sous la chalaze, et avec lesquelles elles constitueraient une sorte de tissu nourricier.

En réalité, le nucelle est très fugace chez *Knautia arvensis*, comme chez les Gamopétales en général. Il n'en reste plus trace, bien avant la fécondation, et le sac embryonnaire se trouve tapissé, de la base jusqu'au sommet, par l'épiderme interne du tégument.

De plus, l'allongement des cellules sous-chalaziennes, chez *Morina longifolia*, n'est pas un fait général dans la famille, où la plupart des espèces ont un sac très profondément enfoui; de sorte que la chalaze n'est séparée de la boucle vasculaire simple qui nourrit l'ovule et de l'épiderme externe, que par un très petit nombre d'assises de cellules isodiamétriques.

---

(1) Molliard, *Sur le sort des cellules antipodes chez* Knautia arvensis *Coultr.* (*Bull. de la Soc. Bot. de France*, 42, 1895, p. 9).

(2) Gabrielle Balcka-Iwanowska, *Contribution à l'étude du sac embryonnaire chez certaines Gamopétales* (*Flora*, 86, 1899, p. 65).

Voici les faits observés au cours du développement du sac embryonnaire de quelques Dipsacées.

Chez *Knautia arvensis* Coult. pris comme type, la cellule-mère initiale prend naissance immédiatement sous l'épiderme du nucelle réduit à un très petit mamelon. Cette cellule grandit, puis subit des divisions successives aboutissant à une série radiale de quatre cellules séparées de l'épiderme du nucelle par une seule assise aplatie. La cellule la plus interne grandit et devient le sac embryonnaire, pendant que les trois autres se résorbent. Il n'y a donc pas d'anticlines.

Le noyau du jeune sac subit trois divisions successives, les huit noyaux qui en résultent se répartissent normalement, et les deux noyaux polaires se fusionnent en un gros noyau secondaire. Les antipodes se disposent, côte à côte, au fond du sac assez dilaté à la base, tout au moins pendant un certain temps.

A ce moment-là, les cellules du nucelle, y compris l'épiderme, sont complètement résorbées, et le sac tout entier est limité par l'épiderme interne du tégument ovulaire, dont les cellules sont très différenciées (tapis), à contenu très dense et à gros noyaux.

Le tégument ovulaire est divisé, d'assez bonne heure, en deux zones d'inégale importance : l'une, externe, épaisse; l'autre, interne, réduite et formée d'éléments allongés dans le sens tangentiel.

On remarque alors cinq faits importants :

1° Les cellules du tapis qui se trouvent au niveau des antipodes se divisent tangentiellement et donnent naissance à un manchon de cellules, qui entoure et comprime les antipodes et qui peut même les dépasser vers la région supérieure dilatée du sac.

2° Les trois antipodes, primitivement juxtaposées, se superposent suivant l'axe du sac. Puis, l'antipode interne s'hypertrophie fortement, de façon à donner à la série entière l'apparence d'un bilboquet. Simultanément, il se produit un cloisonnement des antipodes sous-jacentes, qui peut porter leur nombre à quatre ou cinq. L'antipode hypertrophiée est pourvue d'un très gros noyau et son contenu, de couleur jaune, très dense, est versé dans la cavité du sac par rupture de la membrane.

L'antipode sous-jacente s'hypertrophie ensuite à son tour, en prenant les mêmes caractères que la précédente, pendant qu'un nouveau cloisonnement maintient le nombre de ces cellules à cinq environ.

Le même phénomène se renouvelle encore, et j'ai pu évaluer, avec certitude, à quatre ou cinq au moins, le nombre des antipodes qui s'hypertro-

phient, s'égrènent et versent ainsi successivement leur contenu dans la cavité du sac.

3° Les cellules périantipodaires se gonflent aussi, fortement, dans la partie supérieure du manchon, et s'ouvrent, comme les antipodes, pour livrer leur contenu très dense et jaune.

4° Les substances apportées par les antipodes et par la gaine antipodaire se mélangent immédiatement entre elles, mais pas avec le contenu du sac, qui est très nettement refoulé (noyaux compris) vers le canal micropylaire.

5° Enfin, les cellules du tapis qui limitent la partie renflée du sac, audessus des antipodes, se détachent, soit isolément, soit par groupes de deux ou trois; leurs noyaux perdent leur affinité pour les colorants et, finalement, leur masse perd toute structure et se mélange au contenu du sac.

La continuité du tapis, détruite temporairement, est rétablie par l'intervention des cellules de la zone interne du tégument. Le sac ne s'agrandit, d'ailleurs, avant la fécondation, que grâce à ces chutes périphériques, car il n'y a pas de résorption dans la zone interne du tégument ovulaire.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le croisement Orge noire à barbes lisses × Orge blanche à barbes rugueuses (Orge Albert)*. Note de M. **H. Colin** et de Mlle **Y. Trouard-Riolle**, présentée par M. Guignard.

Il s'agit de l'hybridation dont nous avons décrite précédemment [1] les deux premières générations F_1 et F_2 et que nous voyons maintenant avec un recul de quatre années, ayant récolté et examiné un à un, en F_3 2500 épis environ et en F_4 plus de 10000. Les expériences ont été faites en double, à Paris et à Préblame (Indre) dans la propriété de M. Trouard-Riolle.

Voici, en dehors de toute préoccupation théorique, les traits essentiels de chacune des générations successives; les détails et les statistiques complètes feront l'objet d'un mémoire plus étendu.

F_1. Les caractères rugueux et noir passent pour dominants; nous avons obtenu, en effet, un certain nombre (11) d'épis noirs rugueux typiques dont la rugosité toutefois est loin d'être aussi accusée que sur le parent Orge Albert; les autres épis (66) sont rugueux (17), lisses rugueux (19) ou lisses (30) avec le grain noir ou plus ou moins lavé et des barbes noires ou grises mélangées de barbes blanches; sur certains épis, lisses ou rugueux, toutes les barbes sont blanches.

(1) H. Colin et Mlle Y. Trouard-Riolle, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 854.

F_2. Parmi les épis rugueux ou simplement lisses rugueux récoltés en F_1, quelle que soit la teinte des barbes, plusieurs se dissocient en F_2, donnant une grande variété de formes, parmi lesquelles on distingue les deux parents et les intermédiaires prévus par la théorie mendélienne. Les grains provenant d'épis lisses en F_1 reproduisent en F_2 des épis lisses, gris ou noirs.

F_3 et F_4. Nous rendrons compte du rythme de la dissociation, du sort des diverses formes apparues en F_2 et de la descendance des épis lisses dès F_1.

Rythme de la dissociation. — La dissociation de l'hybride classique noir-rugueux se ralentit rapidement; l'intermédiaire blanc-lisse, assez fréquent en F_2, l'est beaucoup moins en F_3 et ne s'est plus montré en F_4 bien que les plants fussent au nombre d'une soixantaine. Les épis récoltés en F_4 se répartissent ainsi :

NR 264, GR 63, GLR 94, BR 48.

Il semble que le type rugueux, noir ou gris, tende à se fixer.

Les produits de la dissociation. — On examinera successivement les parents, noir-lisse et blanc-rugueux, ainsi que les intermédiaires les plus remarquables, le blanc, lisse, le gris, rugueux et le lisse rugueux de couleur blanche ou noire.

Le parent noir-lisse. — La question intéressante est de savoir si, dès que le type lisse réapparaît, la rugosité est définitivement éliminée de la descendance. Il n'en est rien. On a obtenu en F_3 une population hétérogène où, parmi les épis franchement lisses, se rencontrent des formes rugueuses. Voici le résultat d'un semis entre autres :

NL 19, GL 6, BL 2, NLR 3, GLR 2, BLR 2, NR 1, GR 1, BR 1.

En F_4, les noirs, lisses ont reproduit fidèlement des noirs-lisses, tandis que les noirs plus ou moins rugueux ont donné des épis lisses ou rugueux, les deux formes se rencontrant parfois sur la même plante.

Le parent blanc-rugueux. — Les épis issus en F_3 du parent blanc-rugueux réapparu en F_2 sont blancs; ponr ce qui est de la rugosité, on a compté dans une seule parcelle :

R 101, LR 84, BL 38.

Ces trois types semés en F_4 ont donné, le premier une masse d'épis rugueux (484), mais aussi des intermédiaires (63) et même des épis lisses (7); le second, une forte proportion d'épis lisses (242) et quelques épis lisses rugueux (59); le troisième, surtout des lisses rugueux (19) et quelques rugueux francs (2).

L'intermédiaire blanc-lisse apparu en F_2 n'est pas, lui non plus, immédiatement stable; sa descendance est blanche, lisse dans l'ensemble, mais comporte en F_3 un tiers environ d'épis lisses-rugueux et un huitième de rugueux francs. Les épis lisses semés en F_4 donnent une récolte un peu plus homogène :

L 273, LR 83, R 36.

L'intermédiaire gris-rugueux n'est pas davantage fixé dès F_2; un grand nombre d'épis de cette catégorie se reproduisent identiques en F_3, le gris se faisant plus pâle; d'autres se dissocient à la façon des noirs-rugueux. Les mêmes faits se répètent en F_4, la proportion des gris-rugeux étant beaucoup plus forte.

Les intermédiaires lisses-rugueux sont blancs, gris ou noirs; nous n'avons suivi que les blancs et les noirs. Les premiers ont donné en F_3 une population d'individus blancs, rugueux à tous les degrés, avec un bon nombre d'épis lisses. Le type lisse rugueux semé l'année suivante laisse une progéniture (F_4) uniformément blanche où les épis lisses sont moins nombreux qu'en F_3.

Quant à l'intermédiaire de couleur noire, il se dissocie fréquemment en F_3 à la façon d'un noir-rugueux authentique; F_4 ne présente plus que des épis rugueux, blancs ou noirs.

Descendance en F_3 et F_4 des épis lisses dès F_1. — Les épis lisses sont en immense majorité; mais il s'en trouve aussi de plus ou moins rugueux. La fluctuation de couleur est très prononcée; il n'est pas rare de rencontrer des épis blancs lisses que l'on croirait issus de la dissociation des noirs-rugueux; il s'agit de tout autre chose; la couleur noire, en effet, réapparaît dans la descendance.

Quatre ans après le croisement, l'hybridation n'a donc pas fini de faire sentir son influence, bien que nombre de formes tendent à se fixer. En dépit de détails discordants, le schéma mendélien reste apparent dans ses grandes lignes; mais *aucun des types qui émanent de l'hybride classique à deux dominantes ne se montre immédiatement stable ;* une sélection ultérieure est donc indispensable. On remarquera combien les vicissitudes de la rugosité, au cours des générations successives, diffèrent de celles de la couleur. A ceux qui s'en étonneraient, nous ferons observer que le parent lisse ne l'est que relativement; les barbes à leur extrémité, les glumes, souvent même les côtes du caryopse présentent des crochets dont le nombre et l'importance varient d'un grain à l'autre.

PHYSIOLOGIE. — *Action préventive de l'anthorine vis-à-vis de l'aconitine.* Note de MM. **A. Goris** et **M. Métin**, présentée par M. Roux.

Le mot *Anthora*, appliqué à une espèce d'Aconit, signifie étymologiquement « contre le Thora », qui désigne l'*A. Napellus*. Cette dénomination doit provenir d'observations empiriques traduisant une action antagoniste entre l'A. Anthora et l'A. Napel, le premier provoquant une immunisation contre les effets toxiques du second.

Nous avons voulu vérifier si l'expérimentation physiologique confirmait ces observations en nous adressant aux principes actifs de ces plantes; l'aconitine de l'*A. Napellus* L. et l'anthorine que nous venions d'isoler de l'*A. Anthora* L.

On a pris deux cobayes de poids déterminé. Au premier on a injecté tout d'abord $0^g,015$ de sulfate d'anthorine, dose inférieure à la dose mortelle, mais suffisante pour provoquer des phénomènes de paralysie légère des membres antérieurs. Au bout de deux heures, on a injecté à ce cobaye et au cobaye témoin la dose mortelle minima d'aconitine, soit $0^g,00000007$ par gramme de cobaye et que nous désignons, pour plus de commodité, sous le nom de 7 unités toxiques; l'unité toxique de l'aconitine pour le cobaye étant le cent-millième de milligramme ($0^{mg},00000001$).

Le tableau suivant relate nos résultats :

	Cobaye témoin (poids 536^g).	Cobaye expérimenté (poids 600^g).
A 11^h30^m.....	–	Injection de $0^g,015$ de sulfate d'anthorine.
A 13^h30^m.....	Injection de 7 unités toxiques d'aconitine par gramme, soit 0,000037 au total.	Injection de 7 unités toxiques d'aconitine par gramme, soit 0,000042 au total.
A 13^h40^m.....	Hoquets, cris.	Aucun symptôme.
A 14^h........	L'animal bave, se débat; grande agitation. Paralysie complète des membres postérieurs.	Quelques hoquets très légers. Aucun symptôme.
A 16^h........	Mort.	Survit.

L'anthorine a donc une action protectrice réelle contre la dose mortelle d'aconitine.

On a alors cherché la limite de cette protection vis-à-vis de doses plus fortes d'aconitine, en opérant sur 6 cobayes de même poids, auxquels on a injecté des doses de plus en plus grandes d'aconitine.

	Témoin.	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.
I........	0	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
II........	7	7	8	9	10	11

I. Injection de sulfate d'anthorine. — II. Nombre d'unités toxiques d'aconitine injectées.

Résultats. — Témoin : Mort. — N° 1 : Aucune réaction; survit. — N° 2 : Symptômes légers d'intoxication; survit. — N° 3 : Symptômes un peu plus marqués; survit. — N° 4 : Symptômes très nets : hoquets, cris, sursaut; survit. — N° 5 : Meurt après 55 minutes d'agitation aconitique.

Il résulte donc de cette expérience que l'action protectrice de l'anthorine permet d'élever de 7 unités à 11 unités, soit de 50 pour 100, le minimum de la dose mortelle d'aconitine pour le cobaye.

Il s'agissait alors de déterminer pendant combien de temps l'anthorine pouvait protéger le cobaye contre la dose mortelle d'aconitine.

On a donc entrepris une série d'expériences dont les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Cobayes.	Dose d'anthorine injectée.	Temps de repos avant l'injection d'aconitine.	Nombre d'unités toxiques d'aconitine injectées.
N° 1.................	0,015	17 heures	7
N° 2.................	0,015	24 »	7
N° 3.................	0,015	40 »	7

Résultats. — N° 1 : Survit. — N° 2 : Survit après quelques symptômes d'intoxication. — N° 3 : Mort au bout de 4 heures.

Après 40 heures, l'anthorine est éliminée de l'organisme et ne peut plus protéger le cobaye contre la dose mortelle d'aconitine.

La dose de 0g,015 d'anthorine ayant été prise un peu arbitrairement, nous avons voulu voir jusqu'à quelle limite on pourrait diminuer cette dose pour obtenir encore un effet protecteur. A quatre cobayes de même poids, on a injecté des doses décroissantes d'anthorine, et, deux heures après, la dose minima mortelle d'aconitine.

Les résultats furent les suivants :

	Cobaye n° 1.	Cobaye n° 2.	Cobaye n° 3.	Cobaye n° 4.
A 12h....	Anthorine 0g,005.	Anthorine 0g,003.	Anthorine 0g,002.	Anthorine 0g,001.
A 2h....	Aconitine 7 unités toxiques.	Aconitine 7 unités toxiques.	Aconitine 7 unités toxiques.	Aconitine 7 unités toxiques.
A 3h....	Hoquets, tremblements; pas de cris, pas de sursauts; paralysie de l'arrière-train.	Phénomènes d'intoxication nets.	Phénomènes prolongés d'intoxication.	
A 6h....	Paralysie moins prononcée. Survit.	Très malade, mais paraît sauvé. Survit.	Mort 16 heures après l'injection.	Mort 2 heures après l'injection.

On peut constater qu'au fur et à mesure que la dose d'anthorine diminue, les symptômes d'intoxication par l'aconitine sont plus manifestes et plus durables, et qu'à la dose de 0g,001 l'action est nulle.

L'injection d'une plus forte dose d'anthorine (0g,022) ou son injection répétée

(3 fois 0g,015 de 2 en 2 heures) n'augmente pas le pouvoir protecteur de cet alcaloïde.

L'action de l'anthorine est bien une action protectrice préventive, car si l'on injecte 0g,015 d'anthorine, et immédiatement après la dose mortelle de 7 unités toxiques d'aconitine, le cobaye présente les symptômes d'intoxication aiguë, mais il survit cependant à l'injection de cette dose mortelle. Il faut injecter 8 unités toxiques pour provoquer la mort.

L'anthorine injectée aussitôt après l'injection de l'aconitine n'a aucune influence ni sur les symptômes, ni sur l'issue de l'empoisonnement.

L'anthorine n'agit donc pas comme un antidote, et nous pouvons conclure à une propriété phylactique de cet alcaloïde vis-à-vis de l'aconitine.

Cette action protectrice s'exerce contre une dose supérieure de 50 pour 100 à la dose mortelle; elle se prolonge pendant 24 heures au moins.

Le mécanisme de cette action phylactique nous échappe encore, mais il semble que l'anthorine se fixe sur les cellules nerveuses, et empêche l'aconitine de venir s'y fixer.

CYTOLOGIE. — *Sur l'exacte concordance des caractères du vacuome et de l'appareil de Golgi classique*. Note [1] de MM. **M. Parat** et **J. Painlevé**, présentée par M. Henneguy.

De nouvelles recherches nous permettent aujourd'hui de préciser certains caractères du *vacuome* de la cellule des Métazoaires :

a. Constance. — Toutes les cellules vivantes possèdent un vacuome; les colorations vitales faites avec soin, en évitant l'accumulation exagérée du colorant, le mettent parfaitement en évidence; mais lorsqu'on a repéré sa position dans une cellule, il est facile de le retrouver sans coloration préalable, à condition d'être naturellement dans de bonnes conditions optiques. Des larves aquatiques comme celles du Chironome (en raison de la dimension de certaines de ses cellules) de la Corèthre, de *Mochlonyx*, sont particulièrement favorables à ces examens. Les embryons ou alevins de certains Poissons, quand ils sont transparents, sont spécialement instructifs à cet égard.

b. Position. — Elle varie avec chaque espèce cellulaire, mais elle est sensiblement constante pour une espèce. Le vacuome est généralement groupé en une zone précise de la cellule (il est diffus cependant dans les cellules des centres nerveux). Certaines localisations entraînent des dispositions singulières et caractéristiques : c'est le cas des deux zones, concen-

[1] Séance du 30 mars 1925.

triques par rapport au noyau, du vacuome de la cellule nerveuse de la Sangsue. Il semble que certaines polarisations (qui affectent également le chondriome) coïncident avec la présence du centrosome des auteurs (leucocytes mononucléaires, cellules de l'épithélium de Descemet, œufs de Batraciens avant la vitellogenèse, cellules endothéliales du péricarde, cellule pancréatique, etc.).

c. Dimension. — Le groupement vacuolaire, occupant une zone bien déterminée dans la cellule, ne dépasse pas une limite de volume assez constante pour chaque espèce cellulaire. Les vacuoles peuvent être ou de dimensions sensiblement égales (leucocytes mononucléaires, épithélium de Descemet, cellules endothéliales du péricarde) ou de tailles variées (intestin) dans une même cellule. Elles peuvent être de même volume dans une cellule et en atteindre un beaucoup plus considérable dans une cellule voisine et de même espèce (ganglions rachidiens et sympathiques).

d. Contenu. — Il ne s'agit point de lipoïdes (¹); le contenu est le plus souvent liquide et de réaction franchement acide. L'absence de *coagulum* laisse à penser que l'on a affaire, dans la majorité des cas, à une solution de cristalloïdes; mais il est de fait que certains colloïdes non miscibles avec le protoplasma ambiant peuvent s'y accumuler, s'y concentrer même, à la façon des grains d'aleurone dans la cellule végétale (Guilliermond, P. Dangeard) : c'est le cas des grains de sécrétion (vacuoles rhagiocrines de Renaut). Lorsque le contenu des vacuoles n'est pas trop concentré, il présente sur le vivant une remarquable affinité sélective pour certains colorants basiques, au premier rang desquels nous citerons le rouge neutre en raison de son infime nocivité et de la constance de son absorption.

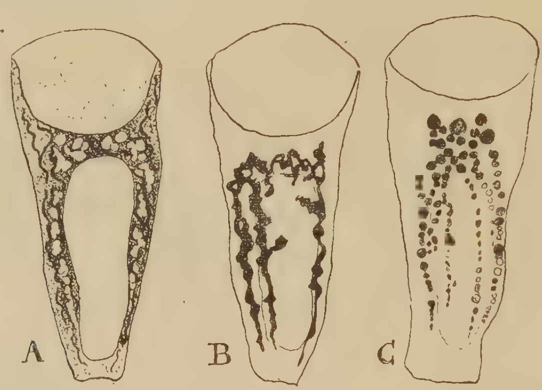
En résumé, les caractères de constance, de position, de dimension s'accordent pour étayer fortement l'homologation du vacuome et de l'appareil de Golgi que nous avons établie antérieurement. Les recherches de l'un de nous avec P. Bergeot ont permis en outre de démontrer que l'on peut par la technique de Dietrich mettre en évidence, sur les coupes à la paraffine, un appareil cellulaire vacuolaire identique, d'une part, à celui qui est colorable *in vivo* par le rouge neutre et, d'autre part, à celui que Golgi en personne a décrit et figuré dans les cellules épithéliales à mucus de l'estomac des Batraciens (voir la figure).

D'ailleurs, indépendamment de nous et tout récemment, sur pièces fixées par la méthode de Regaud, un disciple de Golgi, A. Corti (²), a démontré

(¹) Parat et Bergeot, *C. R. Soc. Biol.*, 92, 1925, p. 868.

(²) *Ricerche di Morfologia*, 4, 1924, fasc. unico.

l'existence de « lacunes » (« lacunome ») correspondant exactement aux « vacuoles » (« vacuome ») que nous avons décelées antérieurement par les colorations vitales et concordant parfaitement avec l'appareil de Golgi, partiellement avec l'appareil de Holmgren.



Cellules muqueuses de l'épithélium gastrique de Triton. A, technique de Dietrich : chondriocontes en noir et vacuome en blanc; B, technique de Da Fano : appareil de Golgi; C, coloration vitale au rouge neutre : vacuome.

Les caractères du vacuome sont donc indiscutablement superposables à ceux de l'appareil de Golgi classique et répondent d'eux-mêmes aux critiques formulées récemment par Avel ([1]). Cet auteur a du reste précédemment décrit ([2]) dans le rein des Amphibiens, avec les techniques classiques de Cajal et de Kopsch un appareil (que nous avons nous-mêmes obtenu par la technique de Da Fano) formé de « nodosités unies par des liens très lâches pouvant manquer » ou de « fuseaux irréguliers et ventrus dans leur partie médiane » ou de filaments « extrêmement variqueux », localisé à certaines régions des cellules où nous trouvions, par l'examen vital, des vacuoles de constance, de position et de dimension rigoureusement identiques.

Il plaît aujourd'hui à Avel de supprimer d'un trait de plume la technique de Golgi, de rejeter celle de Cajal, deux « classiques » pourtant et non des moindres, pour adopter un procédé personnel dont l'exposé reste imprécis. Nous ferons simplement remarquer, d'après les propres expressions de l'auteur, que son appareil, si bien décrit et figuré autrefois, subit aujourd'hui une réduction de volume qui l'amène à n'être plus tantôt qu'un « réseau plus ou moins lâche », tantôt que des « bâtonnets séparés »; le tout apparaît à la suite d'imprégnations par « l'osmium qui finit par se précipiter partout dans le cytoplasme, en particulier autour des vacuoles » et ne correspond,

([1]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 959.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 90, 1924, p. 794.

de l'aveu même de l'auteur, à rien de visible sur le vivant, à rien de visible sur les pièces fixées.

Le *vacuome* au contraire se voit sur le vivant, sur les pièces fixées, concorde par ses caractères de constance, de position et de dimension avec l'appareil de Golgi classique et joue manifestement un rôle de premier plan dans la physiologie cellulaire à côté du chondriome et du noyau.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'action des facteurs externes sur les Infusoires. La conjugaison du* Glaucoma scintillans *déterminée par modification de la proportion des constituants d'un milieu chimiquement défini.* Note de M. **Édouard Chatton** et Mme **Chatton**, présentée par M. F. Mesnil.

Nous avons montré antérieurement (¹) que l'on peut provoquer à volonté la conjugaison du *Glaucoma scintillans* dans des cultures où cet Infusoire ne se conjugue jamais, soit en ajoutant au milieu de culture de faibles doses de certains électrolytes, soit en modifiant la flore bactérienne associée aux Infusoires. Tout en poursuivant l'étude de l'action zygogène des sels et des bactéries, nous avons cherché à simplifier les conditions expérimentales en utilisant, non plus des milieux nutritifs complexes tels que les décoctions végétales, mais des mélanges simples et constants de corps chimiquement définis. Celui auquel nous nous sommes arrêtés est analogue à ceux que l'on emploie pour la culture des Colibacilles et du B. pyocyanique, mais il est additionné de glucose qui permet la culture de bactéries à pouvoir de synthèse plus restreint tels que le *B. fluorescens*. Le glucose a d'ailleurs une action favorisante très nette sur la poussée des Infusoires. Ce milieu est constitué ainsi : lactate d'ammoniaque, 2^g ; phosphate bipotassique, $0^g,8$; chlorure de sodium, $0^g,3$; glucose, $0^g,5$; eau distillée, 1000.

Les conditions culturales seraient plus simples encore, si nous pouvions cultiver le *Glaucoma scintillans*, comme le *Glaucoma piriformis* de A. Lwoff (1923-1924) à l'état pur, sans bactéries, aux dépens des aliments liquides. Mais le *G. scintillans*, tout à fait favorable aux recherches par son aptitude à la conjugaison, ne paraît pas pouvoir se passer de bactéries, et nous n'avons point trouvé jusqu'ici d'Infusoire qui offre simultanément les deux avantages.

Notre technique de culture est celle que nous avons indiquée dans notre

---

(¹) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1091 et 1262.

première Note. Elle assure la constance des conditions de volume, d'oxygénation et de température.

Dans notre milieu, ensemencé avec la culture pure-mixte *Glaucoma scintillans-B. fluorescens*, la poussée bactérienne devance la poussée infusorienne en troublant le milieu. Mais celui-ci est progressivement éclairci par les Infusoires qui ont totalement épuisé les bactéries au 5e jour. La culture atteint alors la densité moyenne de 12 à 15000 par centimètre cube. La poussée infusorienne est dès lors arrêtée, autant, semble-t-il, par intoxication que par inanition, car l'addition d'une dose supplémentaire d'aliment bactérien ne détermine plus qu'une poussée insignifiante. C'est la phase que nous avons appelée la « crise culturale ». A partir de ce moment, le protoplasme des Ciliés, jusque-là chargé de bols alimentaires, devient clair et homogène. Les individus diminuent de volume et se raréfient progressivement. La culture est généralement éteinte au 15e jour.

Dans ces conditions, les Infusoires, repiqués tous les 10 jours, évoluent suivant le même rythme, donnant au 5e jour la même densité, ce qui témoigne d'un pouvoir de multiplication constant pendant la période de poussée. En fait, nous n'avons jamais perçu dans nos cultures de signes de sénescence ou de dépression, soit cyclique, au sens de Maupas-Calkins, soit rythmique, au sens de Woodruff. Jamais non plus nous n'y voyons se produire des conjugaisons.

La vitalité des Infusoires ainsi cultivés nous paraît donc indéfinie et ne point nécessiter l'intervention de la conjugaison. En cela nos recherches confirment les résultats obtenus par Woodruff et Métalnikoff. Mais tandis que ces auteurs se bornent à cette démonstration, nous montrons que, dans de telles cultures où elle n'intervient jamais, la conjugaison peut être déterminée par de minimes modifications du milieu.

Dans nos cultures en milieu défini, nous sommes parvenus à la provoquer en modifiant les proportions des différents constituants du milieu, en diminuant la dose du mélange salin (lactate, phosphate, chlorure) par rapport à la dose de sucre. Nous n'obtenons la conjugaison que pour une concentration de ces sels correspondant aux chiffres de $0^g,6$, $0^g,25$, $0^g,1$ pour 1000, qui sont par rapport à ceux du milieu d'entretien dans la proportion de 1 : 10 à 1 : 3. Cet abaissement de la concentration est nécessaire, car on n'obtient pas la conjugaison pour des doses plus fortes, même en élevant la dose de sucre. Cette concentration saline convenable étant réalisée, la dose minima zygozène de glucose est de $0^g,5$ pour 1000, mais elle peut être portée sans inconvénient jusqu'à $1^g,2$ pour 1000. Ainsi, si le rapport de la

dose de sels par rapport à la dose de glucose intervient dans le déterminisme de la conjugaison, ce n'est qu'à la condition qu'une certaine concentration de sels ne soit pas dépassée et qu'une certaine concentration de glucose soit atteinte. Il est à remarquer que ces modifications du milieu n'ont pas d'influence sur la densité de la culture infusorienne. Nous ne sommes pas à même de dire si elles agissent directement sur les Infusoires, ou si elles produisent leur effet par l'intermédiaire de la bactérie associée. Le fait démontré par Peters et par Lwoff, que les Infusoires peuvent absorber directement les substances dissoutes, permet de concevoir comme probable une action directe.

Dans ces cultures zygogènes en milieu défini, comme dans nos autres cultures zygogènes, la conjugaison ne se produit qu'au moment de la crise culturale. Mais c'est une règle générale que celle-ci soit avancée de 24 et même de 48 heures, et qu'elle se manifeste dans toutes ces cultures zygogènes avant l'épuisement complet du milieu en bactéries, ce qui est le signe d'une intoxication précoce. Cette intoxication est elle elle-même la cause de la zygose, ou la détermine-t-elle en inhibant la nutrition des Ciliés, en les inanitiant, c'est ce que nous recherchons.

Tels sont les faits jusqu'ici acquis. Il en ressort que les Infusoires répondent par la conjugaison, comme l'œuf répond souvent par la parthénogénèse à des actions à première vue très différentes, mais sous la diversité desquelles apparaîtra sans doute un mécanisme unique. Il en ressort surtout que la conjugaison n'est pas, comme l'avait écrit Maupas, et comme on l'a considérée longtemps après lui, un phénomène périodique, inhérent à des causes internes et indépendant des conditions de milieu, mais qu'il est au contraire directement conditionné par des facteurs externes d'ordre physico-chimique et qu'il est, partant, accessible à une analyse expérimentale précise.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Sur les altérations cytoplasmiques et nucléaires au cours de l'évolution de la grasserie du ver à soie.* Note de M. **Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

Les auteurs, comme Prowazek, Komarek et Breindl, qui admettent que les maladies du noyau (ou maladies des polyèdres) chez les Insectes sont causées par un Chlamydozoaire intranucléaire, ont employé, pour mettre en évidence le parasite, les méthodes histologiques ordinaires de fixation et de coloration ; or il paraît établi que les liquides fixateurs utilisés par ces auteurs, sublimé alcoolique de Schaudinn, mélanges de Bouin, de Zenker, etc.

ne donnent pas toujours l'image exacte de la structure cellulaire; leur action coagulante, trop énergique, entraîne des modifications de forme plus ou moins profondes qui peuvent être la cause d'erreurs d'interprétation, ainsi que nous le verrons au cours de cette étude. Le formol salé (formol du commerce à 20 pour 100 dans une solution de chlorure de sodium à 10 pour 1000 dans l'eau distillée) ne présente pas les mêmes inconvénients et donne une image plus exacte de la structure de certaines parties constitutives de la cellule. Il a été préconisé par Policard et Noël pour l'étude du chondriome de la cellule animale, mais il donne aussi d'excellents résultats pour l'étude des autres éléments de la cellule, celle du noyau en particulier. L'application de cette méthode à l'étude des altérations cytologiques au cours de l'évolution de la grasserie du ver à soie nous a permis de compléter les observations d'autres auteurs et, de plus, de relever certaines erreurs d'interprétation :

Les vers à soie sont ouverts longitudinalement sur la face ventrale et immergés pendant un mois au moins dans le formol salé; la postchromisation (solution de bichromate de potasse à 3 pour 100 dans l'eau distillée). nécessaire pour l'étude du chondriome, doit avoir une durée de 25 à 30 jours. Les coupes sont colorées à l'hématoxyline au fer de Heidenhain ou suivant la méthode de Kull (fuchsine acide anilinée-bleu de toluidine); cette dernière méthode est celle qui nous a donné les meilleurs résultats. Les frottis de sang ont été colorés avec le mélange de Giemsa après dessiccation et fixation à l'alcool méthylique.

Les cellules sanguines, contrairement aux observations faites par Komarek et Breindl dans l'étude de la « polyederkrankheit » des chenilles de *Lymantria monacha*, sont les premières dans lesquelles on observe les symptômes caractéristiques de la maladie. Sur frottis colorés au mélange de Giemsa, on observe, 24 à 48 heures après l'inoculation de virus, une sorte de condensation d'une partie de la substance nucléaire; cette condensation se manifeste par l'apparition, dans le noyau de la cellule, de deux zones concentriques diversement colorées, la zone centrale, plus intensément colorée que la zone périphérique. En même temps, on peut observer que les grains de chromatine perdent peu à peu leur netteté et leur individualité; les corpuscules polyédriques prennent ensuite naissance dans la masse nucléaire plus ou moins laquée. Les cellules trachéennes sont aussi très sensibles à l'action du virus; les cellules hypodermiques et adipeuses ont une sensibilité un peu moindre; les autres cellules offrent une résistance très nette à l'action du virus.

Sur coupes colorées d'après la méthode de Kull, on observe deux sortes

d'altérations cellulaires; les unes ont pour siège le cytoplasme; les autres, le noyau; les premières n'ont jamais été mentionnées jusqu'ici. Pour simplifier l'exposé des faits observés, nous étudierons le processus de ces différentes altérations dans la cellule adipeuse.

1° *Altérations cytoplasmiques.* — Le chondriome de la cellule normale est constitué généralement par de longs chondriocontes plus ou moins sinueux, disposés entre les globules de graisse; ils se colorent en rouge par la fuchsine acide. Dans les cellules en voie d'infection, les filaments mitochondriaux se fragmentent et donnent naissance à des grains arrondis de grosseur variable et répartis uniformément dans toute la masse cytoplasmique. Des altérations semblables se manifestent dans les autres cellules sensibles à l'infection. Cette altération du chondriome paraît constituer le premier signe de l'activité parasitaire du virus de la grasserie.

2° *Altérations nucléaires.* — Dans les cellules adipeuses normales, le noyau est formé de grains de chromatine bien isolés les uns des autres et de nucléoles régulièrement arrondis et répartis uniformément dans la masse du noyau; le nombre de ces nucléoles n'est pas constant mais il est généralement supérieur à dix; ils se colorent en rouge par la fuchsine acide. Dans les cellules en voie d'infection, ils subissent des altérations profondes qui ne paraissent pas avoir été mentionnées jusqu'ici : ils perdent leur forme arrondie; leurs contours deviennent plus ou moins déchiquetés; puis ils tendent à s'agglomérer et semblent enfin disparaître. La chromatine est en même temps le siège de modifications importantes : comme dans les cellules sanguines, on observe une sorte de condensation de cette substance et la formation d'une ou plusieurs masses de grosseur et de forme irrégulières; les grains de chromatine perdent leur netteté et sont de moins en moins visibles. Tous les auteurs ont noté l'existence de ces masses, mais aucun ne paraît avoir décelé leur véritable structure. Prowazek les décrit comme des masses réticulées ou granuleuses; elles présentent en effet ce double aspect après fixation aux mélanges de Bouin ou de Zenker. Mais après fixation au formol salé et coloration suivant la méthode de Kull, l'aspect est tout différent : la masse colorée en bleu pâle par le bleu de toluidine apparaît tachée de petits points rouges régulièrement arrondis et uniformément dispersés à la surface : il ne s'agit nullement de corpuscules métachromatiques mais de grains colorables par la fuchsine acide et dont l'origine nucléolaire ne paraît faire aucun doute.

Les cristalloïdes polyédriques prennent naissance dans le noyau, quelquefois à l'intérieur des masses de chromatine, mais le plus souvent dans la chromatine plus ou moins diffuse qui entoure ces masses.

Nous n'avons jamais observé, dans l'intérieur du noyau des cellules en voie d'infection, les inclusions décrites par Prowazek ni celles observées par Komarek et Breindl dans les corps polyédriques. Nous considérons ces inclusions comme des artéfacts.

Nous résumerons ainsi notre opinion actuelle sur la marche du processus des altérations cytologiques au cours de l'évolution de la grasserie : le parasite (visible seulement à l'ultramicroscope) pénètre d'abord dans le cytoplasme des cellules respectives et s'y multiplie activement, déterminant ainsi une altération profonde de la composition chimique et physico-chimique du milieu; sous cette influence, les chondriocontes se fragmentent et se transforment en granules. L'hypertrophie du noyau, symptôme caractéristique de la maladie, paraît avoir pour cause uue rupture d'équilibre osmotique entre le cytoplasme et le noyau. Les nucléoles perdent leur forme arrondie, tendent à s'agglomérer, puis semblent disparaître; une partie de la chromatine du noyau se condense en masses de forme et de grosseur irrégulières sur lesquelles se précipite une partie de la substance nucléolaire sous forme de petits grains arrondis. Des cristalloïdes de forme généralement polyédrique prennent naissance dans le noyau aux dépens de la chromatine diffuse ou condensée.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la formation d'hyposulfites aux dépens du soufre par les microorganismes du sol.* Note de M. G. GUITTONNEAU, présentée par M. Lindet.

En me plaçant dans des conditions expérimentales aussi simples que possible, j'ai pu constater que divers microorganismes du sol sont capables de solubiliser le soufre élémentaire à l'état d'*hyposulfites*.

Ce phénomène peut se produire dans diverses circonstances et il présente, sans doute, un intérêt d'ordre général en physiologie. Mais je ne l'ai étudié, tout d'abord, que dans des cultures microbiennes dont les agents actifs oxydaient l'acide organique d'un sel ammoniacal et ramenaient ainsi ce sel à l'état de carbonate.

Or, c'est précisément une oxydation de ce genre qui, dans la dernière phase de l'ammonisation, aboutit à la minéralisation de l'azote organique. Si le soufre incorporé à la terre arable s'y transforme lentement en sulfate, ainsi que l'a montré pour la première fois Demolon (1912) [1], on est donc conduit à penser que les hyposulfites peuvent représenter un terme inter-

---

[1] DEMOLON, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 524.

médiaire au cours de cette évolution. Ce terme intermédiaire se prête d'ailleurs à des transformations diverses et faciles. Les hyposulfites peuvent en effet, dans certaines conditions, être réduits par beaucoup de micro-organismes (*Bacillus sulfhydrogenus* de Miquel). Nathanson (1903) [1], Beijerinck (1904) [2], Jacobsen (1912) [3], Lieske (1912) [4], Gehring (1915) [5], Waksman et Joffe (1922) [6] ont d'autre part décrit des espèces capables de les oxyder en *sulfates*, et Trautwein (1921) [7] a indiqué l'apparition des *polythionates* au cours de cette transformation. Mais ces composés du soufre ont cependant une stabilité suffisante, en milieu alcalin, pour que j'aie pu les mettre nettement en évidence au cours des observations résumées dans la suite de cette Note.

I. *Microorganismes étudiés.* — Ils proviennent d'une terre de jardin additionnée de 5 pour 1000 de soufre et de 30 pour 1000 de carbonate de chaux. Cette terre a été traitée exactement comme dans les expériences de Brioux et Guerbet [8]. L'analyse y révélait au bout de 15 jours une oxydation intense du soufre (2^{g},40 en SO^3 par kilogramme de terre sèche). Divers isolements ont alors été effectués sur des milieux gélosés à base soit d'extrait de terre, soit d'une solution minérale enrichie de mannite et d'asparagine. Les organismes obtenus sont désignés par les lettres ET ou MM suivant qu'ils proviennent du premier ou du second de ces milieux. Parmi ceux qui jouissent de la propriété étudiée, je n'indiquerai ici que quelques types nettement différents les uns des autres.

MM_1 est une espèce polymorphe, donnant des formes filamenteuses de grande longueur qui se rapproche, par beaucoup de caractères, du *Bacillus vermiculosus* de Zimmermann [9].

MM_2 appartient au groupe des petits coccobacilles du sol, dont les espèces fort nombreuses ne nous sont encore que très imparfaitement connues. Il ne fait pas fermenter le glucose et liquéfie la gélatine.

ET_1 et ET_2 sont deux espèces de microsophonés dont la première ne brunit que lentement et faiblement le bouillon peptoné tandis que la deuxième le brunit rapidement et fortement.

---

(1) NATHANSON, *Centralbl. f. Bakt.*, II Abt., 11, 1903, p. 109.

(2) BEIJERINCK, *Centralbl. f. Bakt.*, II Abt., 11, 1904, p. 593-599.

(3) JACOBSEN, *Folia microb.*, 1, 1912, p. 487-496, et 8, 1912, p. 155-162.

(4) LIESKE, *Ber. Deut. Bot. Gesell.*, 30, 1912, p. 12-22.

(5) GEHRING, *Centralbl. f. Bakt.*, II Abt., 42, 1915, p. 402-438.

(6) WAKSMAN et JOFFE, *Journ. of Bact.*, 7, 1922, p. 239-256 et p. 609-615.

(7) TRAUTWEIN, *Centralbl. f. Bakt.*, II Abt., 53, 1921, p. 513-548.

(8) BRIOUX et GUERBET, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1476.

(9) ZIMMERMANN, *Die Bakterien unserer Trink- und Nutzwässer Chemnitz*, 1890, p. 28.

II. *Cultures d'expérience.* — La solution nutritive employée dans cette étude avait la composition suivante :

Succinate d'ammoniaque, 10^g; phosphate de potasse, 1^g; chlorure de calcium, $0^g,2$; chlorure de magnésium, $0^g,2$; chlorure ferrique, $0^g,01$; chlorure de manganèse, $0^g,005$; chlorure de zinc, $0^g,005$; silicate de potasse, $0^g,005$; eau distillée, q. s. pour 1000.

Des fioles coniques de 500^{cm^3} recevaient chacune 100^{cm^3} de ce milieu préalablement neutralisé et 2^g *de soufre précipité*. Elles étaient chauffées 3 jours consécutifs à 110° pendant une heure, ensemencées et maintenues à 25°. Au bout de 16 jours le liquide de culture était filtré, ramené au volume initial et soumis à l'analyse.

III. *Caractérisation de l'hyposulfite.* — Après avoir vérifié que ce liquide ne contient jamais de doses appréciables de sulfate, on le débarrasse des traces de sulfures et de sulfites qu'il pourrait renfermer par des traitements successifs au carbonate de cadmium et au nitrate de strontium. On constate alors qu'il possède les propriétés caractéristiques suivantes :

1° Lorsqu'on l'acidifie fortement, il devient toujours opalescent, quelquefois même laiteux, et dégage une forte odeur de SO^2.

2° Si après en avoir neutralisé une certaine portion, on l'additionne progressivement d'une solution d'iode de titre convenable, celle-ci se décolore. Lorsque la saturation est atteinte, on n'obtient aucun précipité par le chlorure de baryum en milieu acide. Mais le précipité se forme si l'on traite la liqueur par un oxydant énergique. On doit conclure de là qu'il s'est formé, sous l'action de l'iode un tétrathionate, que celui-ci s'est transformé en sulfate par oxydation et que, par conséquent, on se trouvait à l'origine en présence d'un hyposulfite. On peut d'ailleurs facilement préciser cette deuxième caractérisation en l'appuyant sur des déterminations quantitatives. Il suffit, pour cela : (*a*) de doser par l'iode l'hyposulfite contenu dans un volume donné du liquide étudié; (*b*) de déterminer le poids de sulfate qui résulte de l'oxydation par le brome du tétrathionate formé au cours de ce dosage. On constate alors que la concordance des résultats obtenus est toujours aussi parfaite que le permettent les erreurs d'expérience. Dans le tableau suivant ces résultats sont exprimés en milligrammes du soufre pour 100^{cm^3} de culture.

Soufre solubilisé :	MM_1.	MM_2.	ET_1.	ET_2.
Dosé par l'iode à l'état d'hyposulfite.....	46,5	19,8	17,1	15
Dosé en poids, à l'état de sulfate, après oxydation par le brome..............	47,5	19,2	18,2	16,4

La séance est levée à $15^h 45^m$.

A. Lx.